

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
Кафедра: Автомобильные дороги и городские сооружения

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
В.В. Серватинский  
подпись  
« 21 » 06 20 17г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**08.03.01 «Строительство»**  
**08.03.01.0015 «Автомобильные дороги»**

На тему: Проект реконструкции участка автомобильной дороги  
в Новосибирской области

Руководитель

подпись, дата

должность, ученая степень

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

инициалы, фамилия

Красноярск 2017г

Студенту Мамедову Эльмару Нурали оглы  
Группа ДС 13-11 Направление (специальность) 08.03.01.00.15  
«Автомобильные дороги»

Тема выпускной квалификационной работы: Проект реконструкции автомобильной в Новосибирской области.

Утверждена приказом по университету № 6962 от 30.05.17.

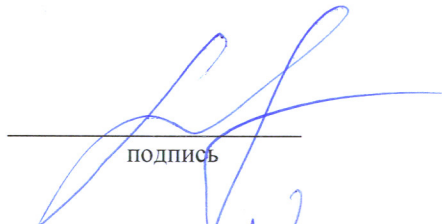
Руководитель ВКР В.И. Жуков, профессор кафедры автомобильных дорог и городских сооружений, ИСИ СФУ.

Исходные данные для ВКР: план и продольный профиль существующей дороги, интенсивность движения, район проектирования, климатические данные.

Перечень разделов ВКР: природные условия, анализ существующей дороги, реконструкция дороги, обустройство дороги, деталь, соображения по организации реконструкции.

Перечень графического материала: план, комплексная оценка безопасности движения дороги до и после реконструкции, детальный продольный профиль реконструируемой дороги, типы поперечных профилей, график распределения земляных масс и полоса отвода, варианты дорожной одежды, детальное проектирование, линейно-календарный график.


Руководитель ВКР

  
\_\_\_\_\_

подпись

В. И. Жуков

Задание принял к исполнению

  
\_\_\_\_\_

подпись

Э. Н. о. Мамедов

« 27 » 06 2017 г.

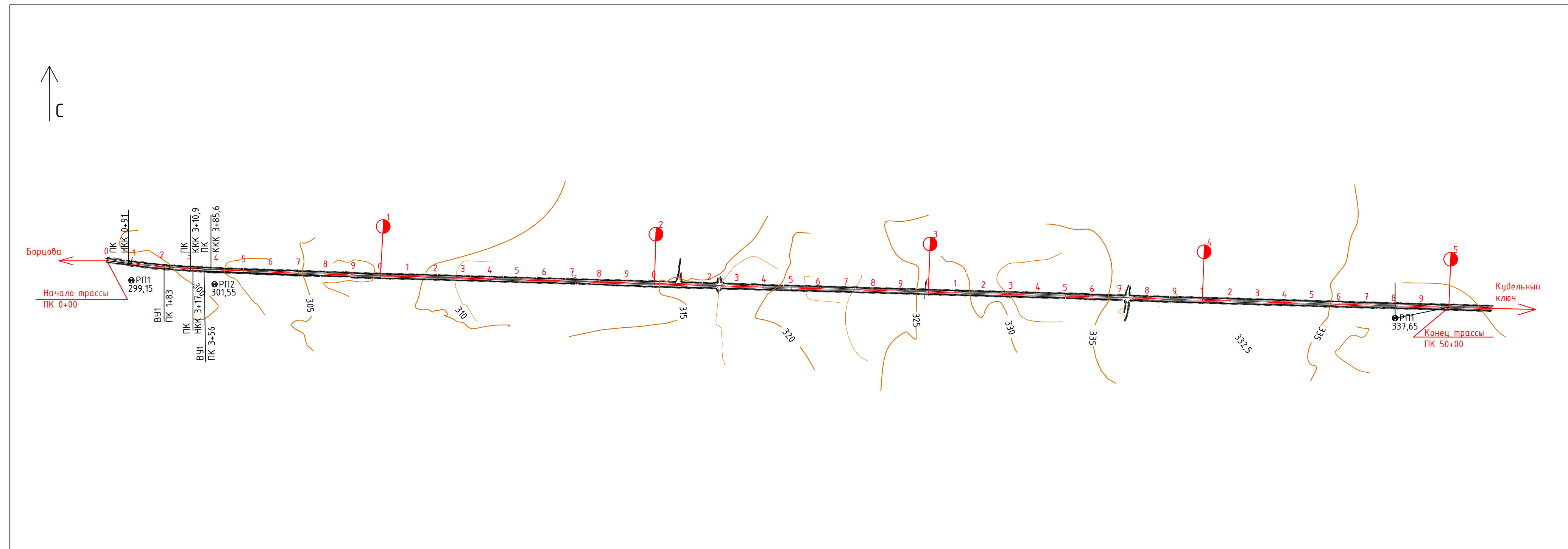
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт  
Кафедра: Автомобильные дороги и городские сооружения

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
В.В. Серватинский  
подпись  
« 21 » 06 2017 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме бакалаврской работы**

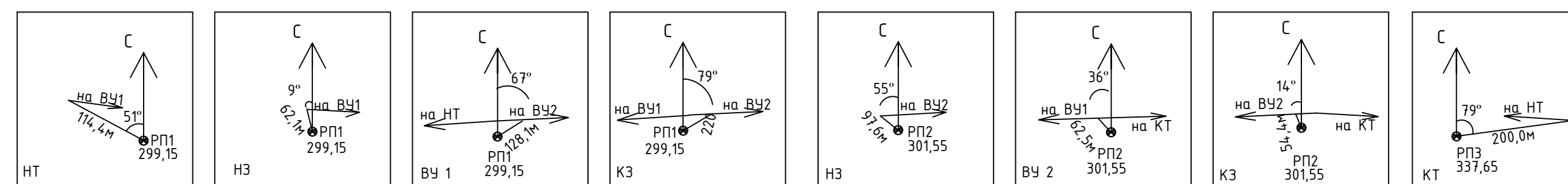
## План М 1:10000



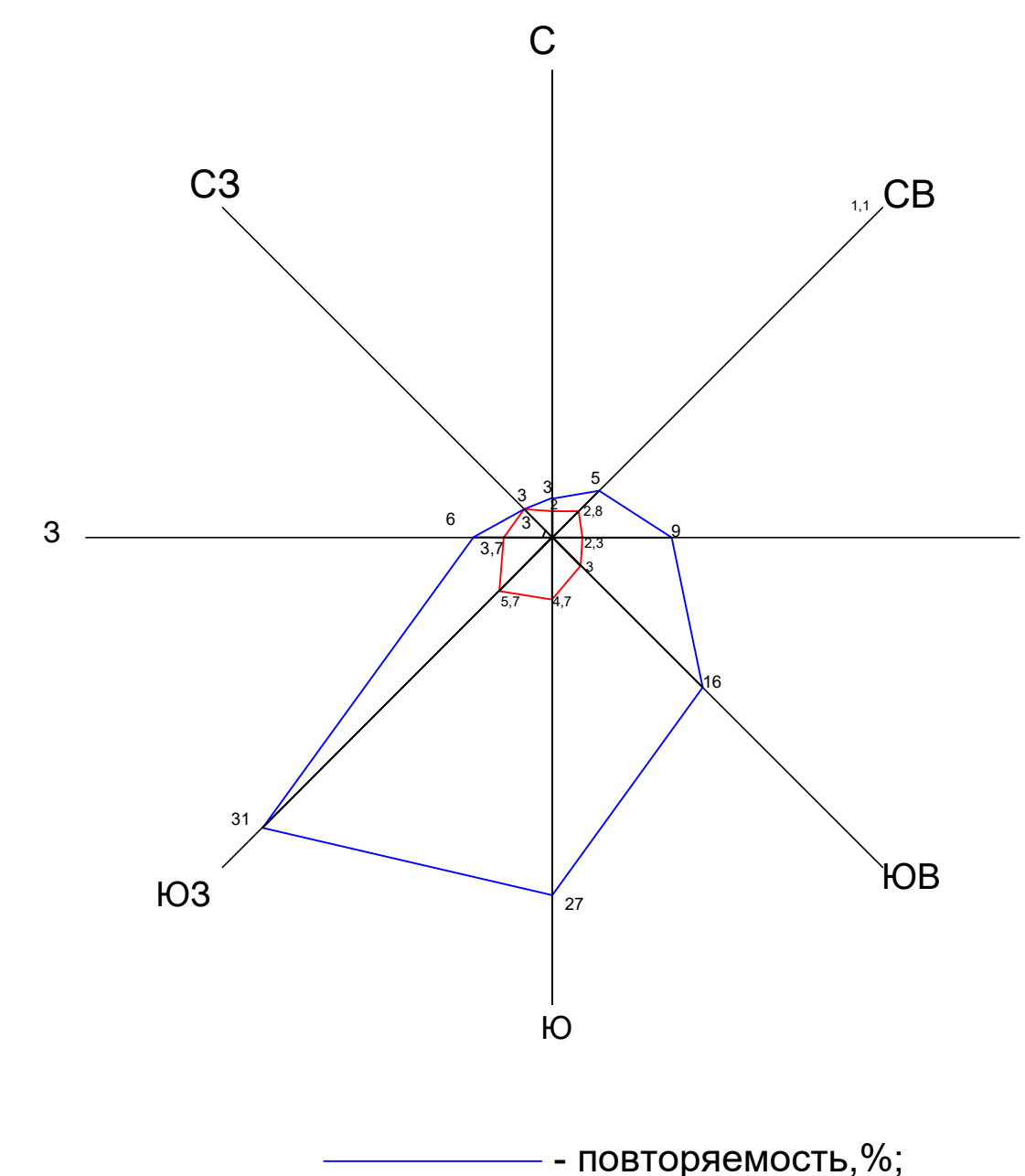
# Ведомость углов поворота, прямых и кривых плана трассы

[illegible]

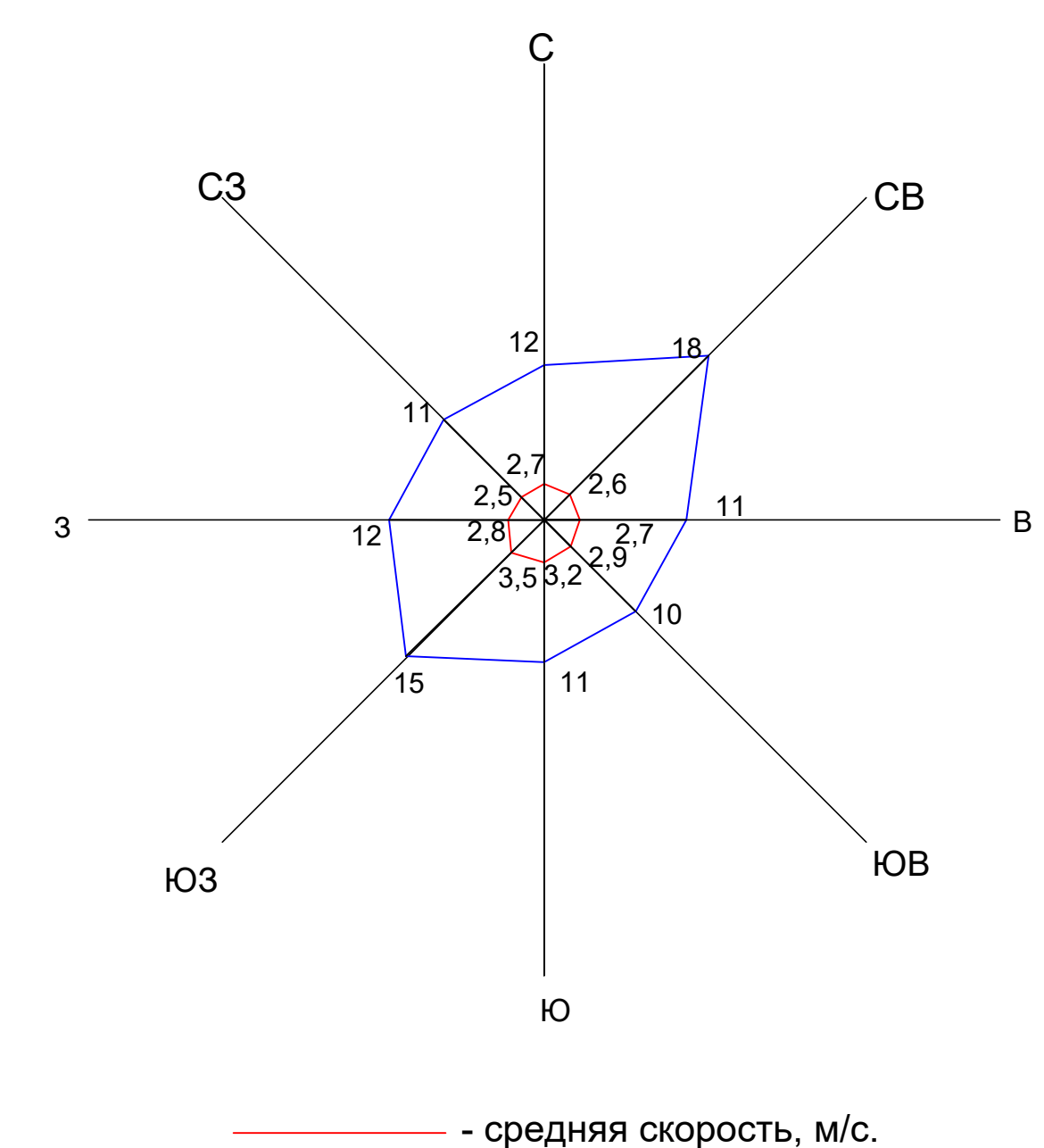
## Привязка трассы



Розы ветров  
январь

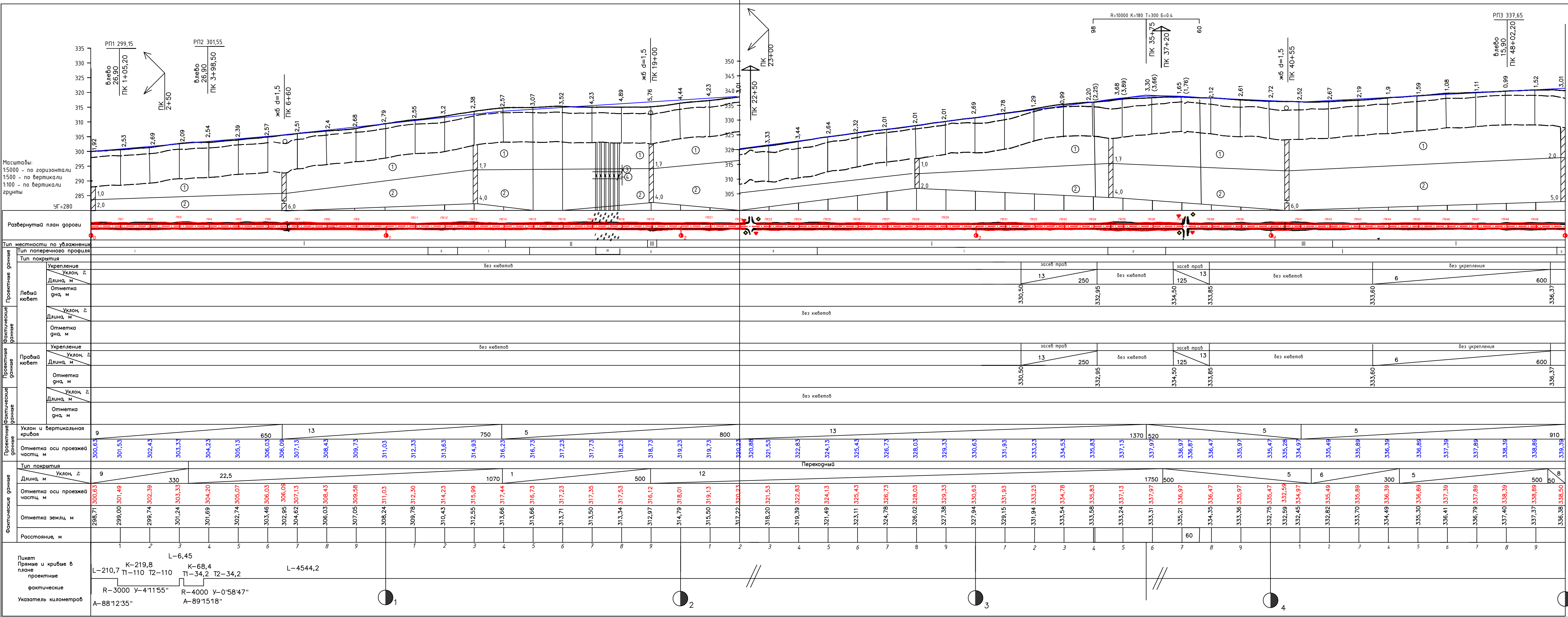


июль



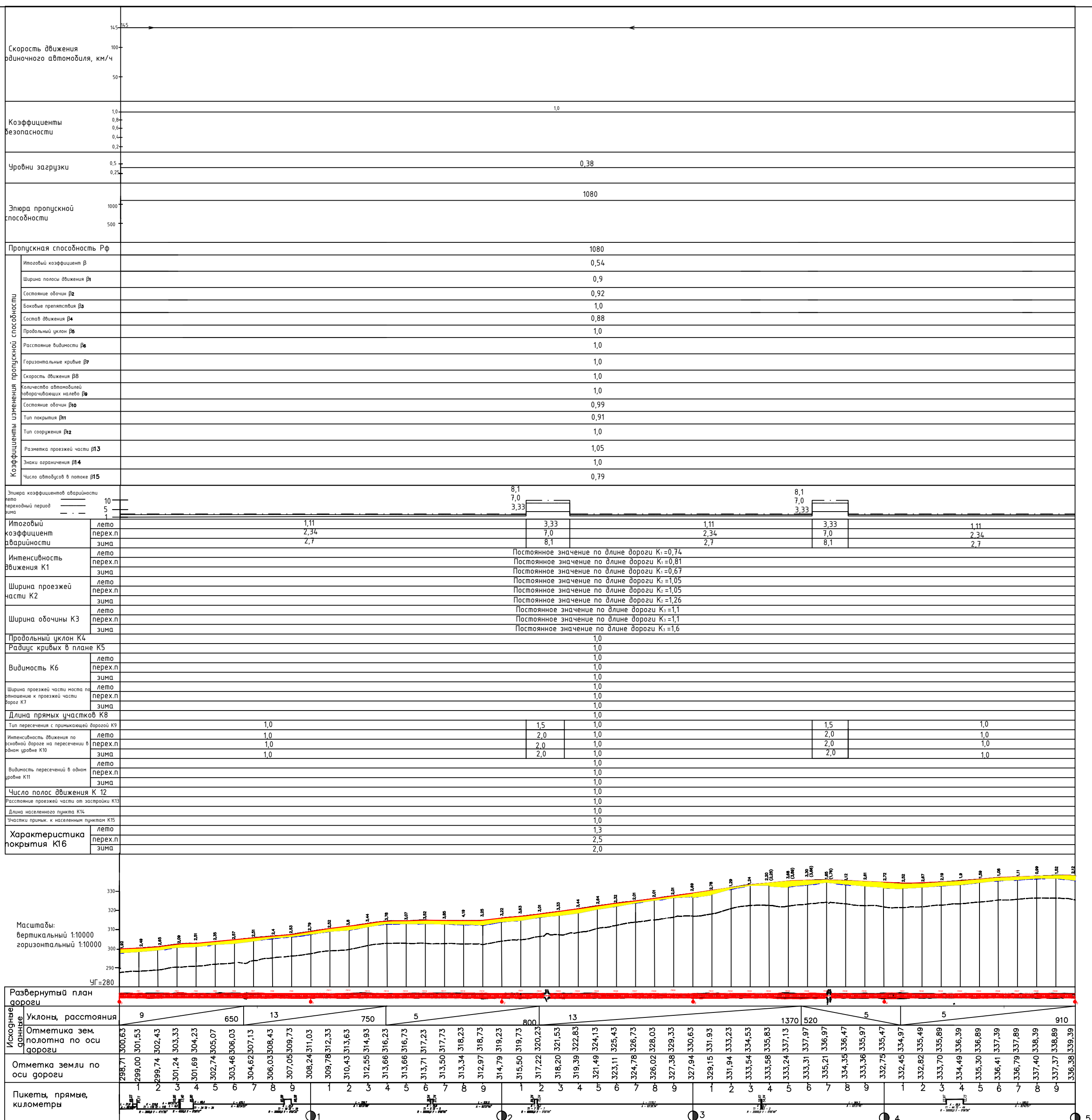
						ВКР – 08.03.01.0015 – 2017		
						Сибирский Федеральный университет Инженерно-строительный институт		
Изм.	Кол.уч.	Лист	Итого	Подп.	Дата			
Разраб.	Мамедов З.Н.					Реконструкция участка автомобильной дороги в Новосибирской области	Стандия	Лист
Пров.	Жуков В.И.						у	1
Зав. кафедр.	Автомобильный В.В.					Карта, розы ветров, ведомость углов поворотов, прямых и кривых, привязка трассы.	Кафедра АДИГС	





Номер	Группа	Наименование
ИГЭ	группа	древесина
1		Сосна
2		Сосна
3		Древесный торф
4		Гравийно-древесный торф

ВКР - 08.03.01.0015 - 2017			
Сибирский федеральный университет			
Инженерно-строительный институт			
Исп.	Кол.	Лист	Всего
Рис.	Рис.	Лист	Всего
Рис.	Рис.	Лист	Всего
Реконструкция участка автомобильной дороги в Новосибирской области		Стр.	Лист
Подобный продольный профиль		5	8
Заб. кафедр		Кафедра АД и ГС	

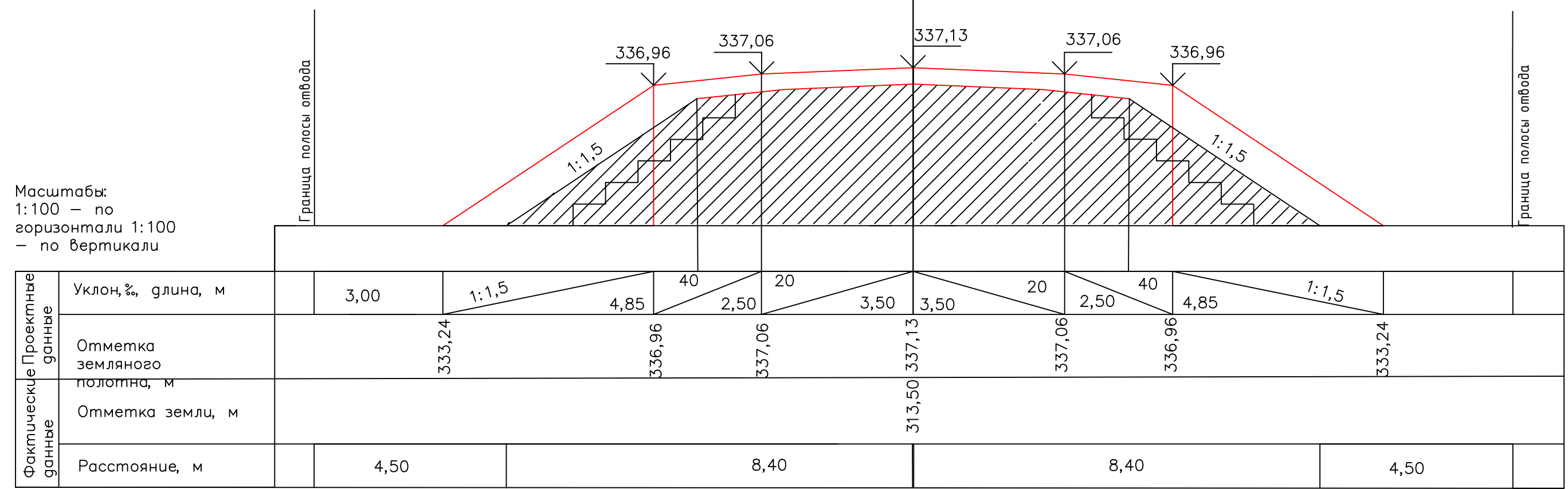


ВКР – 08.03.01.0015 – 2017			
Сибирский Федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Реконструкция участка автомобильной дороги в Новосибирской области	Стадия	Лист	Листов
	У	2	8
Комплексная оценка безопасности на проектируемых вариантах дороги	Кафедра АДУГС		



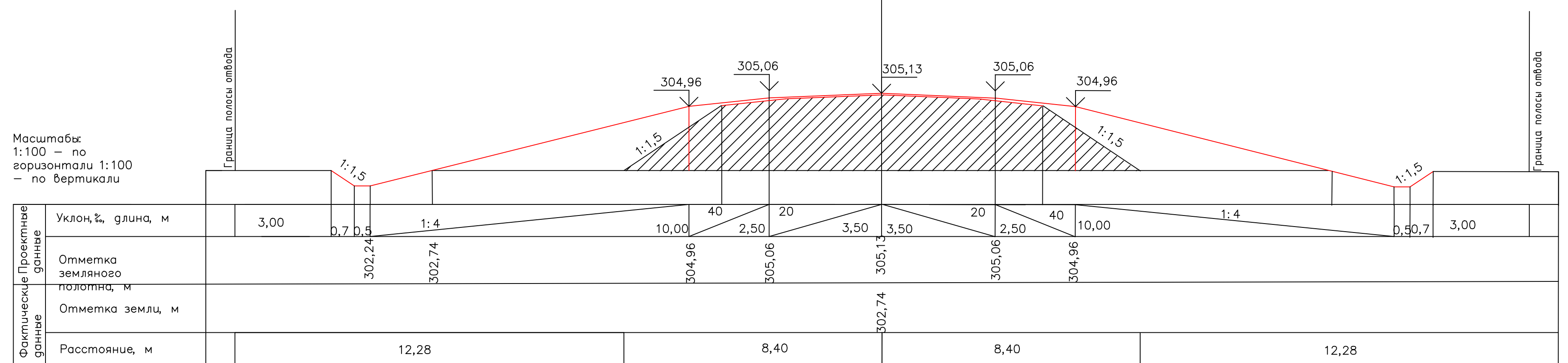
Тип II – высота насыпи от 3 до 6 м  
ПК 35+00

Масштабы:  
1:100 – по  
горизонтали 1:100  
– по вертикали



Тип I – высота насыпи до 3 м  
ПК 5+00

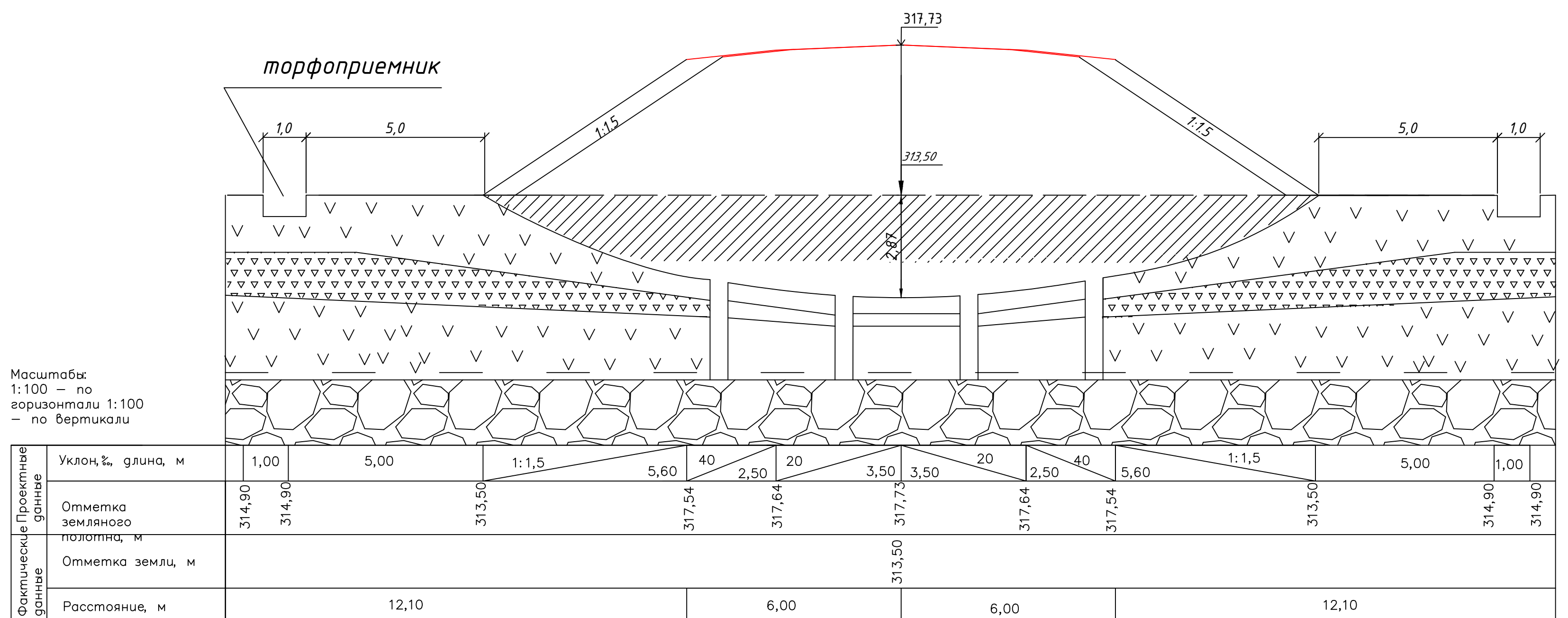
Масштабы:  
1:100 – по  
горизонтали 1:100  
– по вертикали



ПК  
16+00

Тип III – участок с болотом, высота насыпи до 6 м  
ПК 17+00

Масштабы:  
1:100 – по  
горизонтали 1:100  
– по вертикали



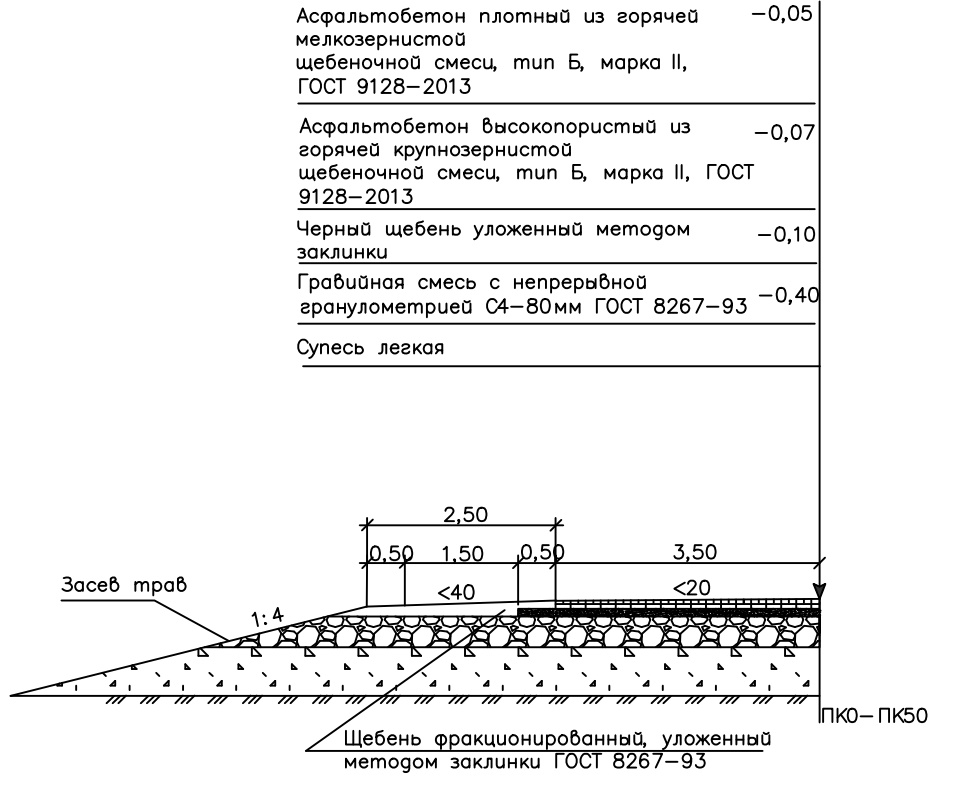
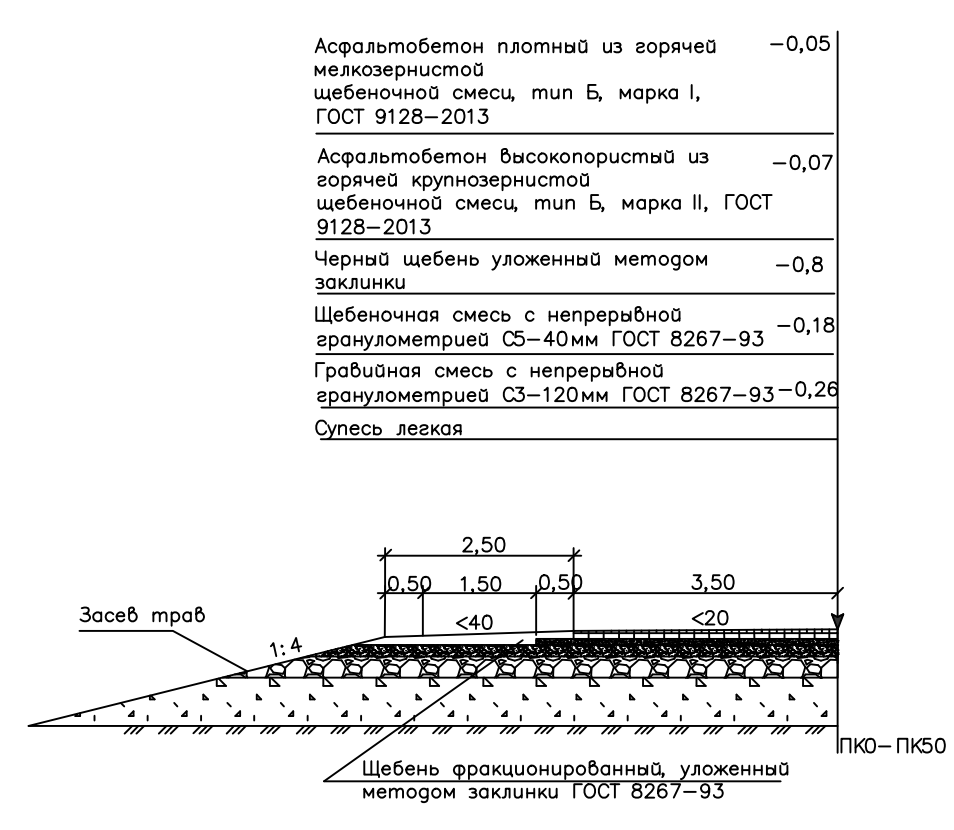
Привязка поперечных профилей

Тип поперечного профиля	Местоположение		Расстояние
	от ПК+	до ПК+	
I	0+00	1+00	100
I	1+00	2+00	100
I	2+00	3+00	100
I	3+00	4+00	100
I	4+00	5+00	100
I	5+00	6+00	100
I	6+00	7+00	100
I	7+00	8+00	100
I	8+00	9+00	100
I	9+00	10+00	100
I	10+00	11+00	100
I	11+00	12+00	100
I	12+00	13+00	100
I	13+00	14+00	100
I	14+00	14+90	90
II	14+90	15+00	10
II	15+00	16+00	100
II	16+00	17+00	100
III	17+00	18+00	100
II	18+00	19+00	100
II	19+00	20+00	100
II	20+00	21+00	100
II	21+00	22+00	100
II	22+00	23+00	100
II	23+00	24+00	100
II	24+00	25+00	100
II	25+00	25+50	50
II	25+50	26+00	50
I	26+00	27+00	100
I	27+00	28+00	100
I	28+00	29+00	100
I	29+00	29+50	100
I	29+50	30+00	100
I	30+00	31+00	100
I	31+00	32+00	100
I	32+00	33+00	100
I	33+00	34+00	100
I	34+00	34+40	40
II	34+40	35+00	60
II	35+00	36+00	100
II	36+00	36+50	50
I	36+50	37+00	50
I	37+00	38+00	100
I	38+00	39+00	100
I	39+00	40+00	100
I	40+00	41+00	100
I	41+00	42+00	100
I	42+00	43+00	100
I	43+00	44+00	100
I	44+00	45+00	100
I	45+00	46+00	100
I	46+00	47+00	100
I	47+00	48+00	100
I	48+00	49+00	100
I	49+00	50+00	95
II	49+95	50+00	5

Конструкции дорожной одежды

1 вариант конструкции дорожной одежды М1:100

2 вариант конструкции дорожной одежды М1:100  
Етр6б – 217 МПа



### График распределения земляных масс М1:10000

Объем резервоё		Приграссовых																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		Ссредоточенных		5195	6826	7125	6365	6014	6715	9700	13088	13741	10873	8291	7952	6340	5201	5580	6617	7542	7542	6416	6699	7494	8370	10473	9240	5666	4405	5560	7594	9788	9685	7165	5126	5544	10021	10287	6991	6060	7006	7502	7624	7503	6479	5966	5691	4809	3732	3909	4139	4783	15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Развернутый план трассы																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Рабочие отметки		Насыпь		1.92	2.53		2.69	2.09	2.54	2.39	2.57	2.51	2.4	2.68	2.79	2.55	3.2	2.38	2.57	3.07	3.52	4.23	4.89	5.76	4.44	4.23	3.01	3.33	3.44	2.64	2.32	2.01	2.01	2.01	2.69	2.78	1.29	0.99	2.20	3.68	3.30	1.65	2.12	2.61	2.72	2.52	2.67	2.19	1.9	1.59	1.08	1.11	0.99	1.52	3.01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
		Ваемка																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Объем работ		Насыпь		4663	5858	5165	4928	5389	5437	5629	5357	5631	6274	6057	5508	5204	5421	5406	5585	6909	8596	10653	10043	8021	6328	5313	5781	5887	5440	4476	4028	4028	5044	6274	4172	1891	2980	5457	6017	4150	3691	5083	6039	5891	5808	3594	1262	3315	2324	1794	1701	2145	3804																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
		Ваемка																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Распределение земляных масс по способам разработки		Из ваемки в насыпь		4663	5858	5165	4928	5389	5437	5629	5357	5631	6274	6057	5508	5204	5421	5406	5585	6909	8596	10653	10043	8021	6328	5313	5781	5887	5440	4476	4028	4028	5044	6274	4172	1891	2980	5457	6017	4150	3691	5083	6039	5891	5808	3594	1262	3315	2324	1794	1701	2145	3804																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
		Из средоточенного резерва в насыпь																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		Из боковых резервов в насыпь																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Продольное перемещение земляных масс																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Распределение земляных масс по дальности транспортировки				Бульдозер		50м																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

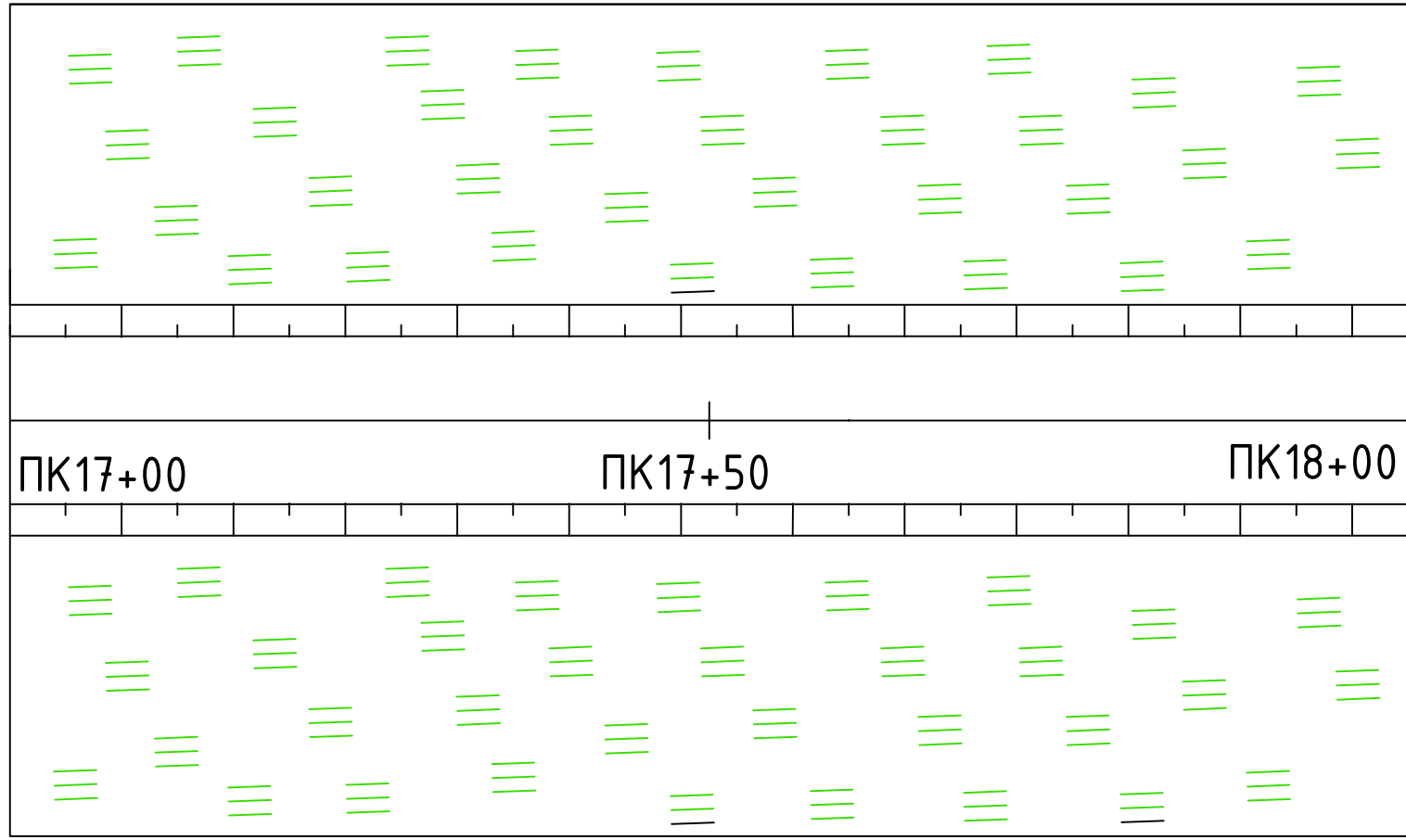
# Полоса отвода М 1:10000

Граница административных землевлдений		Земля Новосибирской области																																																	
Схема полосы отвода	40																																																		
	35																																																		
	30																																																		
	25																																																		
	20																																																		
	15																																																		
	10																																																		
	5																																																		
	0																																																		
	5																																																		
10																																																			
15																																																			
20																																																			
25																																																			
30																																																			
35																																																			
40																																																			
Постоянный отвод земель, Га		Луг — 4,6										Луг — 4,6										Луг — 4,6										Луг — 4,6										Луг — 4,6									
Временный отвод земель, Га		Луг — 2,0										Луг — 2,0										Луг — 2,0										Луг — 2,0										Луг — 2,0									

						ВКР - 08.03.01.0015 - 2017				
						Сибирский Федеральный университет Инженерно-строительный институт				
Изм.	Кол.уч	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Реконструкция участка автомобильной дороги в Новосибирской области	Стadia	Лист	Листов	
Разраб.	Мамедов Э.Н.						у	5	8	
Пров.	Жуков В.И.					График распределения земельных масс и полоса отвода земель	Кафедра АДУГС			
Зав. кафедр.	Сердобинский В.В.									



Участок дороги на болоте  
М 1:500



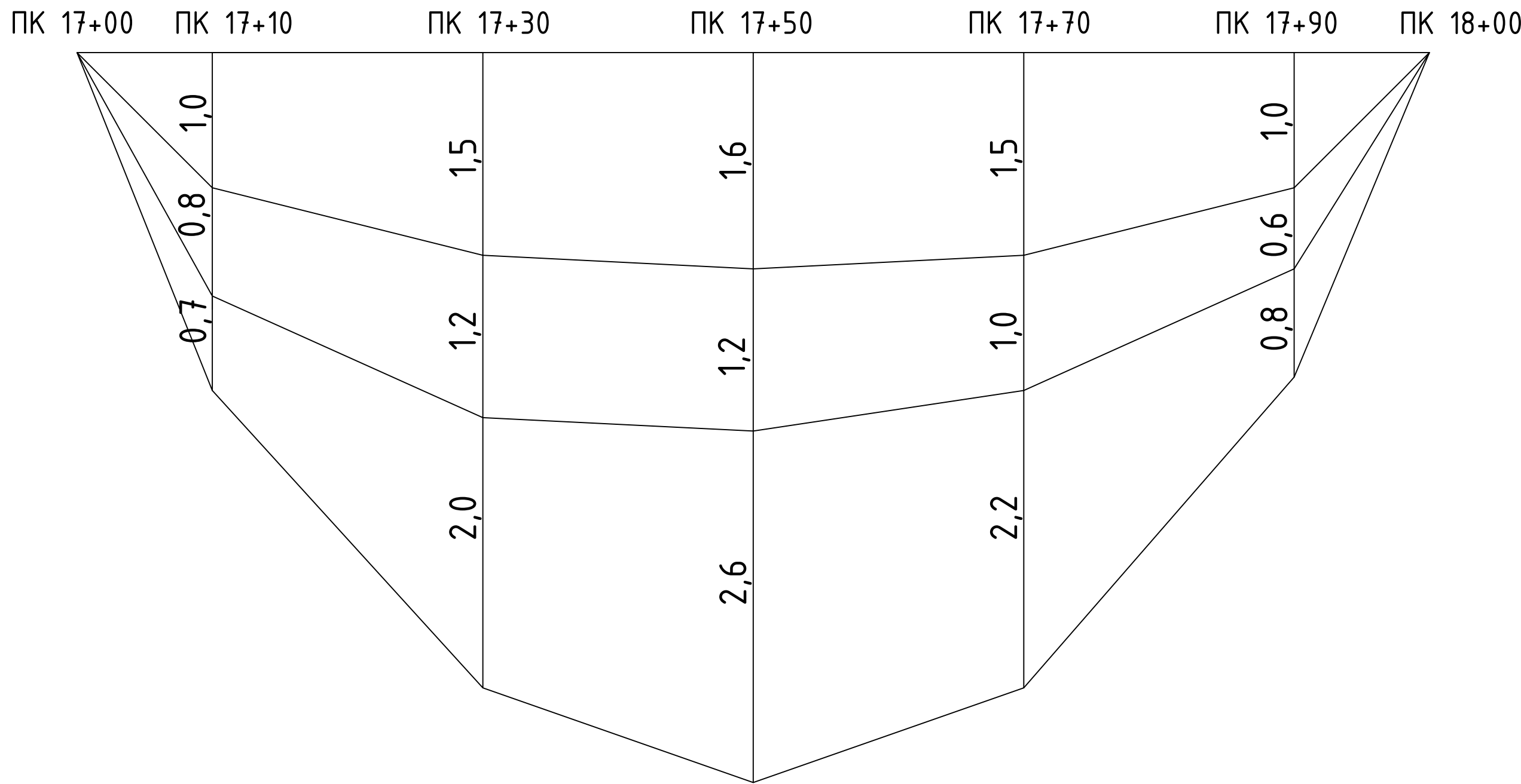
## Таблица исходных данных

№ слоя	Угол внутреннего трения $\phi$ , град	Сила удельного сцепления $c$ , $м/м^2$	Вид торфа	Степень разложения, %	Зольность
1	20	2,7	Древесный	n=54	9
2	14	7,8	Травяно-древесный	n=66	3
3	18	2,5	Осоковый	n=80	9

## Таблица расчетных данных

Участок трассы		$H$	$P$	$Z$	$\varepsilon_1$	$lnP$	$\varepsilon_p$	$\varepsilon_0$	$\varepsilon_0 - \varepsilon_p$	$(\varepsilon_0 - \varepsilon_p) / (1 + \varepsilon_0)$	$\Delta S$	$S_{cm}$	
пк	+												
17	10	0,60	133,36	0,8	3,18	4,89	1,03	4,00	2,97	0,59	0,36	1,391	
		0,70	133,36	0,9	5,1	4,89	1,03	3,50	2,47	0,55	0,38		
		1,40	133,36	1,2	6,9	4,89	1,03	2,80	1,77	0,47	0,65		
17	30	1,20	133,36	0,8	3,18	4,89	1,03	4,00	2,97	0,59	0,71	2,550	
		1,40	133,36	0,9	5,1	4,89	1,03	3,50	2,47	0,55	0,77		
		2,30	133,36	1,2	6,9	4,89	1,03	2,80	1,77	0,47	1,07		
17	50	1,60	133,36	0,8	3,18	4,89	1,03	4,00	2,97	0,59	0,95		3,535
		2,00	133,36	0,9	5,1	4,89	1,03	3,50	2,47	0,55	1,10		
		3,20	133,36	1,2	6,9	4,89	1,03	2,80	1,77	0,47	1,49		
17	70	1,10	133,36	0,8	3,18	4,89	1,03	4,00	2,97	0,59	0,65	2,381	
		1,20	133,36	0,9	5,1	4,89	1,03	3,50	2,47	0,55	0,66		
		2,30	133,36	1,2	6,9	4,89	1,03	2,80	1,77	0,47	1,07		
17	90	0,80	133,36	0,8	3,18	4,89	1,03	4,00	2,97	0,59	0,47		1,620
		0,90	133,36	0,9	5,1	4,89	1,03	3,50	2,47	0,55	0,49		
		1,40	133,36	1,2	6,9	4,89	1,03	2,80	1,77	0,47	0,65		

## Продольный разрез бoлoтa с ПК 17+00 по ПК 18+00



						ВКР – 08.03.01.0015 – 2017			
						Сибирский Федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Кол.уч	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Реконструкция участка автомобильной дороги в Новосибирской области  Участок болота на местности, таблица с исходными и расчетными данными, пробольный разрез болота	Стандия	Лист	Листов
Разработ.	Мамедов Э.Н.						у	6	8
Проб.	Жуков В.И.						Кафедра АДГС		
Зав. кафедр	Сервантовский В.В.								



Схема устройства земляного полотна с вертикальными дренами

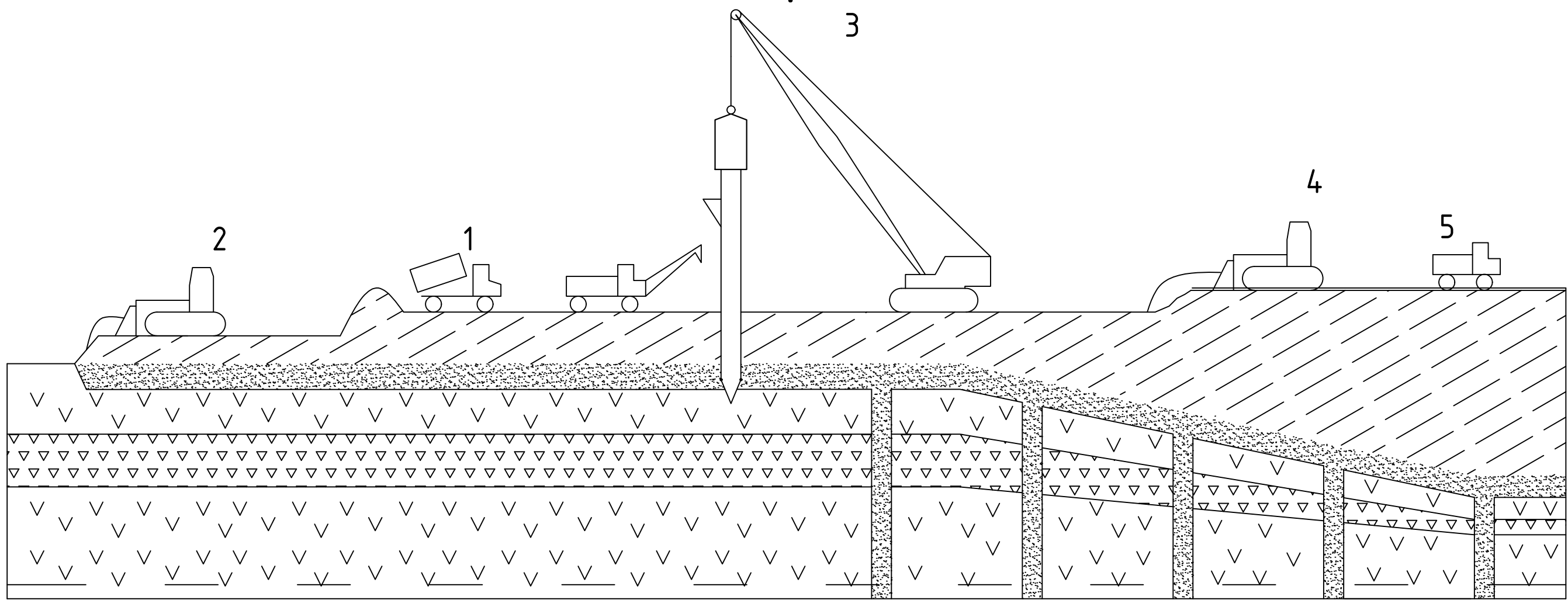
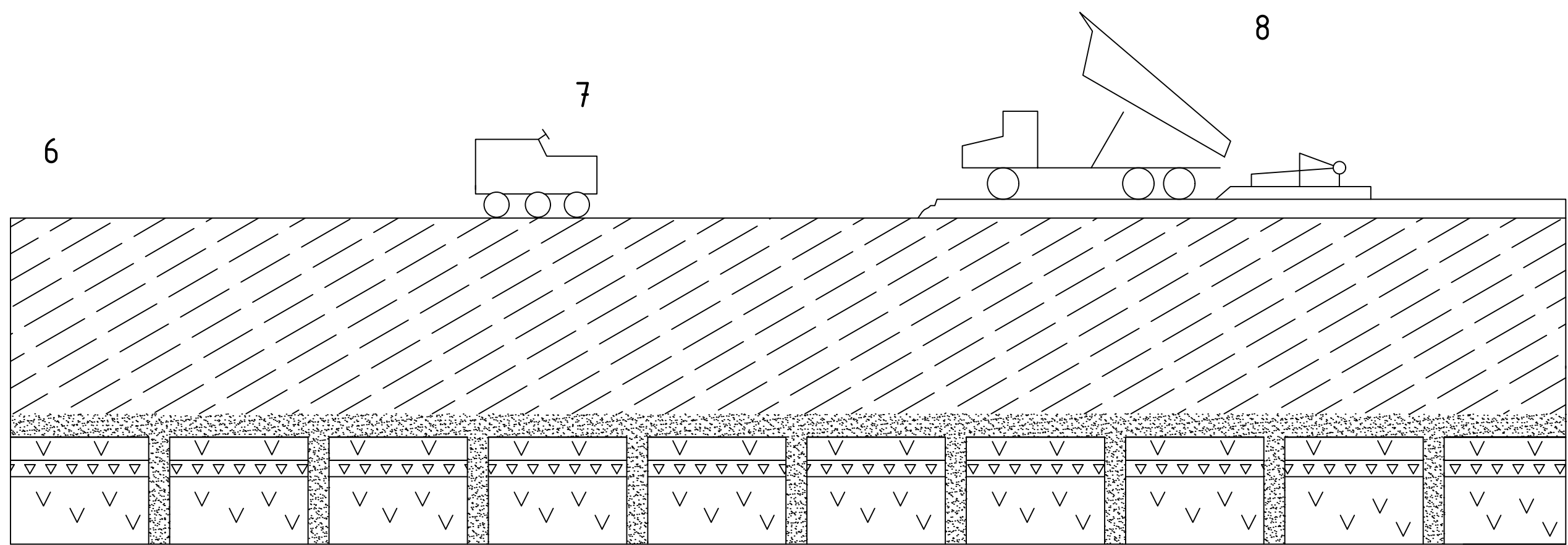


Схема устройства земляного полотна с вертикальными дренами (продолжение)



- 1-транспортировка дренирующего материала;
- 2-надвижки рабочего слоя;
- 3-устройство дрен с загрузкой песком;
- 4-наращивание земляного полотна до проектной отметки;
- 5-транспортировка грунта земляного полотна;
- 6-контроль осадки;
- 7-доуплотнение земляного полотна;
- 8-устройство дорожной одежды.

Земляное полотно с вертикальными дренами на ПК 17+00  
М 1:100

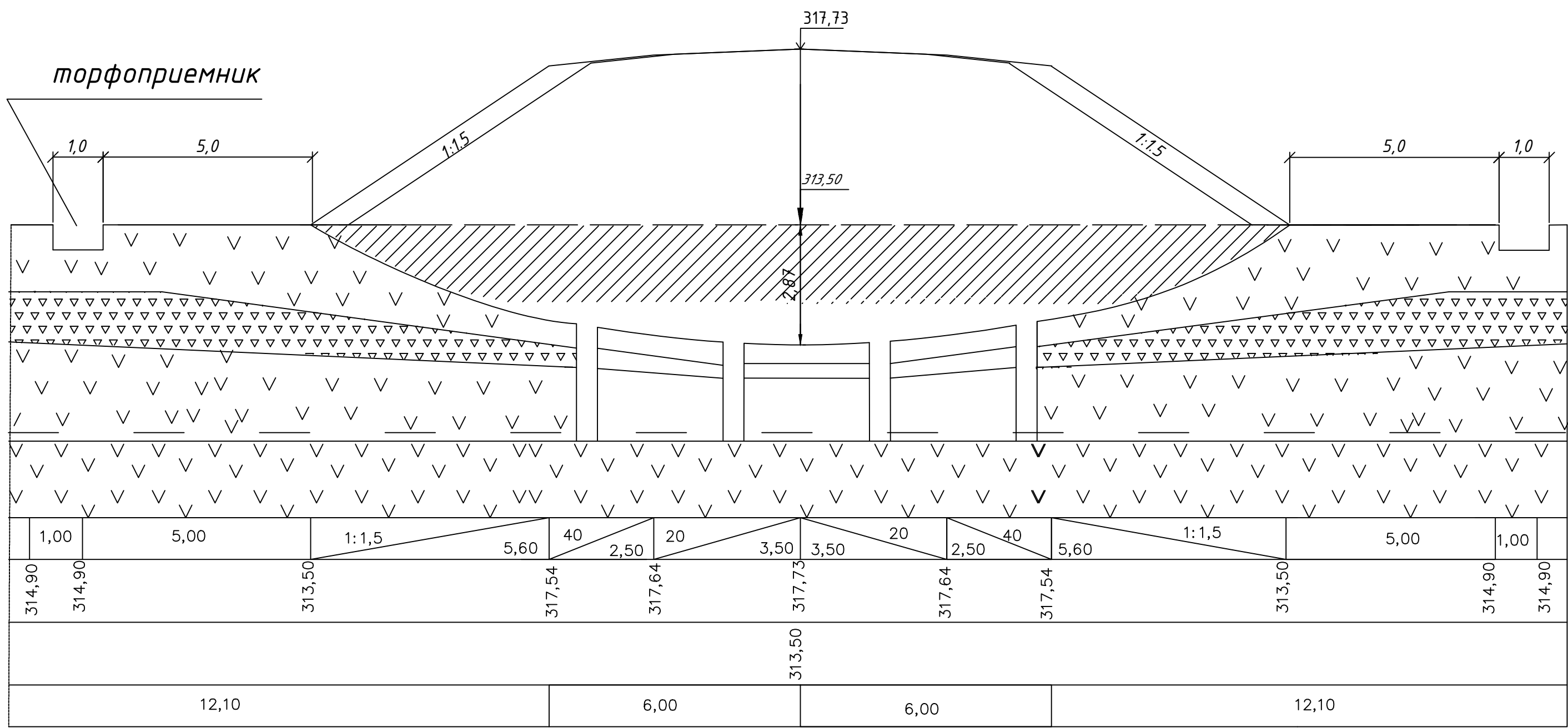
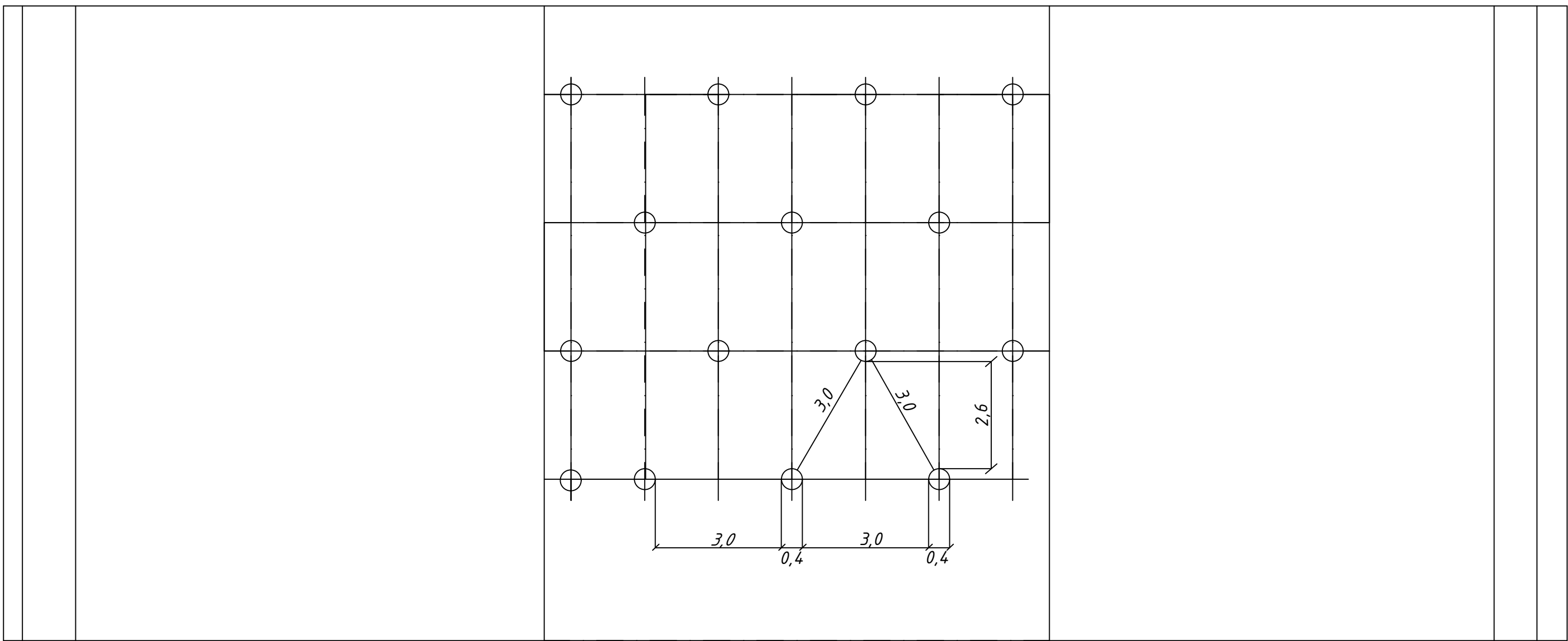
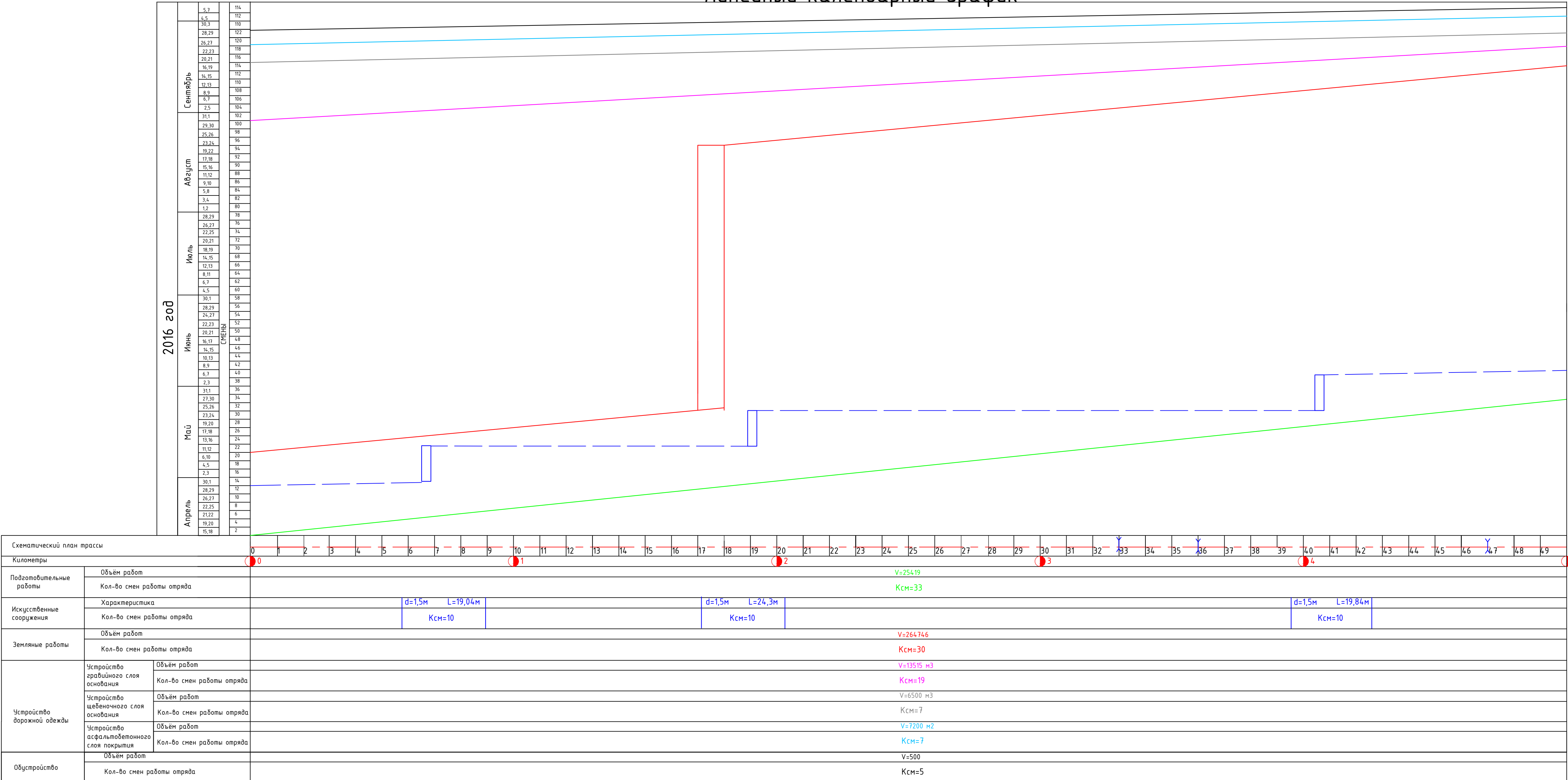


Схема расположения вертикальных дрен  
М 1:100



ВКР - 08.03.01.0015 - 2017					
Сибирский Федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Мамедов Э.Н.				
Пров.	Жуков В.И.				
Реконструкция участка автомобильной дороги в Новосибирской области				Этадия	Лист
				У	7
Схема устройства земляного полотна с вертикальными дренами, поперечный профиль земляного полотна				Листов	8
Зав. кафедр.				Кафедра АДиГС	

## Линейный календарный график



						ВКР – 08.03.01.0015 – 2017			
						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Кол.	Лист	от общего	Подп.	Дата	Реконструкция участка автомобильной дороги в Новосибирской области	Стандия	Лист	Листов
Разработ.		Мамедов Э.Н.					у	8	8
Проб.		Жуков В.И.				Линейный календарный график	Кафедра АДИГС		

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
Кафедра: Автомобильные дороги и городские сооружения

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.В. Серватинский  
подпись  
«        »                      20 \_\_ г.

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**08.03.01 «Строительство»**  
**08.03.01.0015 «Автомобильные дороги»**

На тему: Проект реконструкции участка автомобильной дороги  
в Новосибирской области

Руководитель \_\_\_\_\_

подпись, дата                      должность, ученая степень                      инициалы, фамилия

Выпускник	подпись, дата	инициалы, фамилия
-----------	---------------	-------------------

Красноярск 2017г

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Природные условия района проектирования.....	5
1.1 Климат.....	5
1.2 Рельеф.....	7
1.3 Растительность и почвы.....	8
1.4 Инженерно – геологические условия.....	9
1.5 Сведения о наличии дорожно-строительных материалов .....	9
1.6. Заключение по природным условиям района проектирования.....	9
2 Анализ существующей дороги.....	9
2.1 План трассы.....	9
2.2 Земляное полотно.....	9
2.3 Искусственные сооружения.....	10
2.4 Дорожная одежда.....	11
2.5 Обустройство дороги.....	11
2.6 Комплексная оценка безопасности движения.....	11
2.6.1 Расчет скоростей движения.....	11
2.6.2 Оценка безопасности движения по графикам коэффициентов ава- рийности.....	13
2.6.3 Оценка по графикам коэффициента безопасности.....	13
2.6.4 Оценка по пропускной способности.....	14
2.7.3 Заключение по комплексной оценке безопасности движения.....	16
3 Реконструкция дороги.....	16
3.1 Определение категории дороги.....	16
3.2 План трассы.....	19
3.3 Продольный профиль.....	20
3.3.1 Обоснование руководящих отметок и контрольных точек.....	20
3.3.2 Описание проектной линии.....	22
3.4 Поперечный профиль.....	22
3.5 Дорожный водоотвод.....	23
3.6 Расчет дорожной одежды .....	24
3.7 Искусственные сооружения.....	26
3.8 Комплексная оценка безопасности движения.....	27
3.9 Подсчет объема земляных работ.....	27
3.10 Полоса отвода автомобильной дороги.....	28
4 Обустройство дороги.....	29
5 Деталь. Проектирование насыпи на болоте.....	30
5.1 Определение осадки насыпи на болоте.....	30
5.2 Определение продолжительности осадки насыпи на болоте.....	35
6.3 Проектирование земляного полотна.....	38
6 Соображения по организации реконструкции.....	43
Заключение.....	44

Список использованных источников.....	45
Приложение А Локальная смета на устройство первого варианта дорожной одежды.....	46
Приложение Б Локальная смета на устройство второго варианта дорожной одежды.....	49
Приложение В Расчет объема земляных работ.....	52
Приложение Г Расчет конструкции покрытия дорожной одежды.....	55



## ВВЕДЕНИЕ

В процессе эксплуатации автомобильные дороги и дорожные сооружения подвергаются многолетнему и многократному воздействию движущихся автомобилей и природно-климатических факторов.

Под совместным действием нагрузок и климата в автомобильной дороге и дорожных сооружениях накапливаются усталостные и остаточные деформации, появляются разрушения. Этому способствует постепенный рост интенсивности движения, и особенно увеличение осевых нагрузок автомобилей и доли тяжелых автомобилей в составе транспортного потока.

Кроме того, за долгий срок службы происходит постепенная смена автомобилей с существенным изменением их динамических свойств, изменяются взгляды водителей и пассажиров на комфортность движения, что приводит к повышению требований к геометрическим параметрам и транспортно-эксплуатационным характеристикам дорог, а также к их обустройству, то есть дороги устаревают морально.

Несоответствие между требованиями к дороге и ее фактическим состоянием постепенно нарастает, особенно в условиях значительного ограничения средств, выделяемых на содержание и ремонт дорог. В результате этого не выполняются многие необходимые виды ремонтных работ, накапливается «недоремонт», прежде всего, покрытий и дорожных одежд.

Все это вместе взятое приводит к тому, что наступает момент, когда обычные мероприятия по содержанию и ремонту дороги, выполняемые дорожно-эксплуатационными организациями, уже не обеспечивают выполнение возросших требований к транспортно-эксплуатационным показателям дороги по поддержанию высокой скорости и безопасности движения.

Возникает необходимость значительного улучшения геометрических параметров дороги, прочностных и других характеристик дорожной одежды, искусственных сооружений, инженерного оборудования и обустройства, т.е. перестройки дороги или ее реконструкции.

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрен проект улучшения транспортно-эксплуатационных показателей посредством реконструкции участка автомобильной дороги "Борцова – Кудельный Ключ" в Новосибирской области.

## 1 Природные условия района проектирования

### 1.1 Климат

Новосибирская область входит в III дорожно-климатическую зону согласно классификации по СП 34.13330.2012 [1].

Климатическая характеристика района проводится по СП 131.13330.2012 [2]. Необходимые для расчетов и проектирования дороги данные приведены в ведомости климатических показателей (таблица 1) и среднестатистические данные (таблицы 2-4).

Таблица 1 - Ведомость климатических показателей

№п/п	Наименование показателей	Ед. изм.	Величина
1	Абсолютная температура воздуха -минимальная -максимальная	°C	-50
			+37,2
2	Средняя температура наружного воздуха холодной пятидневки 0,98 0,92	°C	-41
			-37
3	Преобладающее направление ветра: декабрь-февраль июнь-август		ЮЗ
			СВ
4	Максимальное из средних скоростей ветра по румбам за январь	м/с	4,7
5	Минимальное из средних скоростей ветра по румбам за июль	м/с	3,5
6	Среднемесячная относительная влажность воздуха: -наиболее холодного месяца -наиболее теплого месяца	%	79
			68
7	Количество осадков за: -ноябрь-март -апрель-октябрь	м	127
			331
8	Расчётная толщина снежного покрова обеспеченностью 5%	м	0,35
9	Глубина промерзания	м	1,83

Таблица 2 - Среднемесячная температура воздуха

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-------	---	----	-----	----	---	----	-----	------	----	---	----	-----

Темп, °С	-16,1	-14,3	-7	2,3	11,7	16,8	19,2	16,5	10,1	2,9	-7,1	-13,9
-------------	-------	-------	----	-----	------	------	------	------	------	-----	------	-------

Таблица 3 - Повторяемость и скорость ветра за январь

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	3	5	9	16	27	31	6	3
Скорость, м/с	2	2,8	2,3	3	4,7	5,7	3,7	3

Таблица 4 - Повторяемость и скорость ветра за июль

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	12	18	11	10	11	15	12	11
Скорость, м/с	2,7	2,6	2,7	2,9	3,2	3,5	2,8	2,5

По таблицам 2-4 строим розы ветров и дорожно-климатический график.

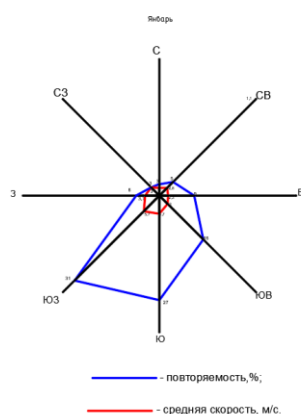


Рисунок 1 – Роза ветров за январь

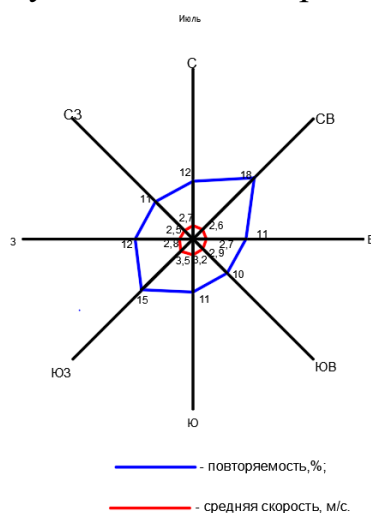


Рисунок 2 – Роза ветров за июль

## Дорожно-климатический график

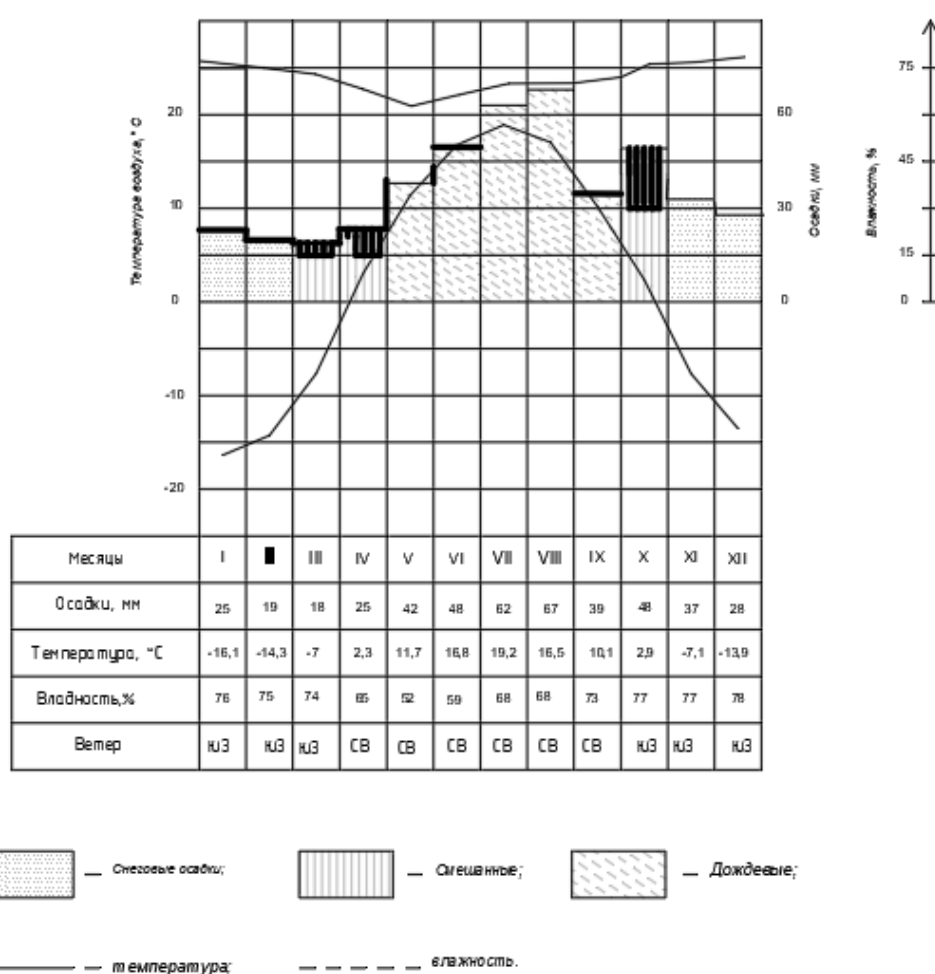


Рисунок 3 – Дорожно-климатический график

## 1.2 Рельеф

Преобладающая часть территории Новосибирской области расположена на Западно-Сибирской равнине, поэтому её поверхность в основном равнинна. Долина реки Обь делит территорию области на правобережье и левобережье. Левобережье - это низменная Барабинская равнина и Кулундинская степь, средняя высота которой 120 метров над уровнем моря. Характерной особенностью левобережной равнины являются гривы – продолговатые возвышенности с пологими склонами. Гривы тянутся параллельно друг другу с юго-запада на северо-восток, их высота составляет от двух до десяти метров. Гривы – это бывшие водоразделы древних рек, образовавшиеся при таянии ледника тысячи

лет назад. Правобережье представлено Приобской предгорной равниной с абсолютными высотами 200-300 метров. На общем фоне выделяются Буготакские сопки. Это группа холмов вытянута с северо-востока на юго-запад. К юго-востоку от Буготакских сопкок местность заметно повышается и переходит в предгорья Салаирского кряжа (Маслянинский район). Наивысшая точка Салаира в Новосибирской области – Пихтовый Гребень (494,2 м). С высоты полукилометра над уровнем моря открывается чудесная панорама окрестностей.

### **1.3 Растительность и почвы**

Почвы нашей области разнообразны, расположение различных типов почв очень мозаично. Это объясняется большим разнообразием природных условий. Среди основных типов почв Новосибирской области можно отметить подзолистые, болотные, серые лесные почвы, солонцы и солончаки.

Леса занимают около 20 процентов территории области. Наиболее распространённое дерево - берёза, на втором месте сосна и осина. Встречаются также кедр, пихта, ель, рябина, боярышник и другие породы.

### **1.4 Инженерно-геологические условия**

Геологические особенности городского рельефа характеризуются тем, что город и окрестности расположены на мощном твердоскальном фундаменте, покрытом толщей осадочных пород: глиной, гальками, песком. Местами на поверхность выходят фрагменты фундамента тектонической структуры — Томь-Колыванской складчатой зоны, — которые и формируют современный рельеф. Во второй половине четвертичного периода на этой территории началось медленное поднятие земной коры, продолжающееся и в настоящее время. Из-за этого в городе могут происходить землетрясения малой амплитуды (сильные исключены), силой 2—3 балла по шкале Рихтера. Последнее землетрясение 19 марта 2013 года было незначительным — менее 2-х баллов.

Строение земной поверхности характеризуется расположением Новосибирска на Приобском плато в районе реки Оби. Левобережная часть имеет плоский рельеф, максимальная высота находится в районе площади Карла Маркса — 151 м. Правобережная часть, в свою очередь, изрезана множеством балок и оврагов, относящихся к периферийной части Салаирского кряжа. Максимальная высота правобережья — 214 м. Крупной проблемой Новосибирска является овражная эрозия, занимающая территорию около 2 тысяч гектаров: в городской черте 150 крупных и мелких оврагов, развитию которых способствует хозяйственная деятельность.

### **1.5 Сведения о наличии дорожно-строительных материалов**

Геологические особенности городского рельефа характеризуются тем, что город и окрестности расположены на мощном твердоскальном фундаменте.



те, покрытом толщей осадочных пород: глиной, гальками, песком. Лучшие строительные пески встречаются в руслах рек. Многочисленные острова, мели и береговые валы сложены тонкозернистыми до крупнозернистых речными песками, которые можно использовать в строительном деле.

## **1.6 Заключение по природным условиям района проектирования**

В данном регионе климатические, инженерно-геологические условия и тип рельефа пригодны для строительства автомобильной дороги. Трасса проектируется в III дорожно-климатической зоне, что необходимо учесть при проектировании и подборе дорожно-строительных материалов для возведения тела насыпи и уплотнении. Сток воды при данном рельефе хорошо обеспечен. Вывод: проектирование трассы в данном районе возможно.

## **2 Анализ существующей дороги**

Существующий участок автомобильной дороги относится к дорогам общего пользования. Общая протяженность участка трассы 5,0 км. Трасса соединяет участок дороги от Борцова до Кудельный Ключ. Растительность вдоль трассы на всем протяжении участка представлена выгоном. Так же имеется участок с болотом находящийся на ПК17 – ПК18.

### **2.1 План трассы**

Элементы плана трассы существующей дороги соответствуют параметрам для дорог IV категории. Длина существующего участка трассы составляет 5,0 км. Трасса имеет 2 угла поворота. Радиус кривой составляет 4000 м, 3000 м. На ПК 22+40 и на ПК 37+20 трасса пересекает дороги IV категории под углом 90.

Существующий участок автомобильной дороги в плановом отношении позволяет проложить ось реконструируемой дороги по существующей без увеличения радиусов кривых.

### **2.2. Земляное полотно**

Продольный профиль существующей дороги соответствует параметрам для IV категории дорог. Наименьший радиус выпуклой кривой 10 тыс. м. Наибольший продольный уклон 22,5 ‰. Наименьшая видимость составляет 300 м.

Рабочие отметки варьируются в пределах от 0,99 м до 3,58 м. Наибольшая отметка оси проезжей части 338,89 м, наименьшая 300,63 м. С ПК 14+00 по ПК 19+00,  $i_{\text{прод}} < 5\text{‰}$ , что не соответствует нормативным значениям СП 34.13330.2012 [1].

Технические показатели проектной линии для продольного профиля существующей автомобильной дороги частично не соответствуют IV категории автомобильной дороги по СП 34.13330.2012 [1]. Необходимо изменить проектную линию.

Поперечный профиль существующей дороги не соответствует параметрам для дорог IV категории. Заложение откосов 1:1,5 на всем протяжении трассы, что не соответствует пункту 7.27 СП 34.13330.2012 [1].

Параметры конструкции:

- ширина проезжей части (5,5-6,0 м);
- ширина обочин (1,5-2,0 м);
- уклон проезжей части (20 ‰);
- уклон обочин (40 ‰).

Геометрические параметры конструкции земляного полотна не соответствуют для IV категории автомобильной дороги по СП 34.13330.2012 [1]. Необходимо выполнить двухстороннее уширение земляного полотна, а также изменение заложения откосов.

С момента строительства элементы дорожного водоотвода подвергались разрушающим воздействиям эрозии и наносов, в результате чего кюветы в настоящее время не соответствуют заданным геометрическим параметрам и заросло травой, что повлекло за собой размывы земляного полотна сточными водами.

Поверхностный водоотвод осуществляется за счет выпуклого очертания поверхности дороги. Поперечный водоотвод осуществляется с помощью искусственных сооружений. С ПК 14+00 по ПК 17+00 не обеспечен продольный водоотвод, так как  $i_{\text{прод}} < 5\text{‰}$ .

### 2.3 Искусственные сооружения

На участке трассы находятся три водопропускных трубы. Они располагаются согласно рельефу местности в пониженных местах, пропускают максимальный паводок расчетной вероятности превышения 3% и удовлетворяют основным техническим требованиям, предъявляемым к проектируемому сооружению.

Существующие трубы находятся в хорошем состоянии и не требуют проведения ремонта или замены. Основные характеристики водопропускных труб представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Ведомость искусственных сооружений

№	ПК +	Наименование водотока	Тип и отверстие сооружения	Угол поворота к оси дороги,	Полная длина
1	26+60	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	19,04
2	19+00	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	24,30
3	40+55	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	19,84

## 2.4 Дорожная одежда

На всем протяжении существующая дорожная одежда переходного типа из щебеночно-песчаной смеси. Покрытие находится в неудовлетворительном состоянии. Толщина покрытия, почти на всем протяжении проектируемого участка не выдержана, колеблется от 5 до 9 см. Наблюдаются просадочные деформации проезжей части и обочин, колейность.

## 2.5 Обустройство дороги

На всем протяжении трассы отсутствуют ограждения. Из дорожных знаков присутствует только знаки 6.3 «Километровый знак», расположенные через 1 км друг от друга.

## 2.6 Комплексная оценка безопасности движения

Комплексная оценка безопасности движения выполняется в соответствии с учебным пособием «Комплексная оценка безопасности движения и экологической обстановки при проектировании дорог» [4].

### 2.6.1 Расчет скоростей движения

Для оценки скорости движения при проектировании используем метод А.А. Бельского. Этот метод позволяет анализировать движение по продольному профилю, состоящему из круговых и прямых участков.

Данные для расчета:

- 1) Автомобиль ГАЗ-24 «Волга»;
- 2) Начальная максимальная скорость движения 145 км/час;
- 3) Покрытие щебеночно-песчаное, коэффициент сопротивления качению  $f=0,025$ .

Расчетная скорость определяется по формуле

$$V = \sqrt{(V_0^2 - L) \cdot e^{-2nx} + L}, \quad (2.6.1.1)$$

где  $L$  – параметр автомобиля, определяемый по таблице 1 приложения 1 учебного пособия [12] либо по формуле (2.6.1.2);

$V_0$  – начальная максимальная скорость движения;

$e^{-2nx}$  – числовое значение, определяемое по таблице 3 приложения 1 учебного пособия [12] в зависимости от автомобиля, расчетного расстояния и передачи.

$$L = \frac{1}{b} [a - G(f \mp i_1)], \quad (2.6.1.2)$$

где  $a$  и  $b$  – параметры, характеризующие тип автомобиля и передачу, на которой осуществляется движение, принимаемый по таблице [12];

$G$  – вес груженого автомобиля, 1915 кг;

Расчет производится в прямом и обратном направлении трассы и сводится в таблицу 6.

Таблица 6 – Расчет скоростей движения на существующей дороге

№	X, м	Пере- дача	i,%	L	$e^{-2nx}$	Формула	Величина $V_i$		При- ме- ча- ние
							м/с	км/ч	
В прямом направлении									
1	1700	4	-0,009	1871	0,697	$\sqrt{(40,27^2 - 1871) \cdot 0,697 + 1871}$	44,19	148	145
На всем протяжении скорость постоянна							44,19	148	145
В обратном направлении									
На всем протяжении скорость постоянна							40,27	145	145

Определяем среднетехническую скорость по дороге по формуле

$$V_{\text{ср.общ.}} = \frac{V_{\text{пр.ср.}} + V_{\text{об.ср.}}}{2}, \quad (2.6.1.3)$$

где  $V_{\text{пр.ср.}}$ ,  $V_{\text{об.ср.}}$  – соответственно среднетехнические скорости в прямом и обратном направлениях определяются по формуле (2.6.1.4 и 2.6.1.5).

$$V_{\text{пр.ср.}} = \frac{\omega_{\text{пр.}}}{L}, \quad (2.6.1.4)$$

$$V_{\text{об.ср.}} = \frac{\omega_{\text{об.}}}{L}, \quad (2.6.1.5)$$

где  $\omega_{\text{пр.}}$  и  $\omega_{\text{об.}}$  – соответственно площади скоростей в прямом и обратном направлении;

$L$  – длина участка.

Далее определяем время одного рейса по формуле

$$t = \frac{L}{V_{\text{ср.общ.}}}, \quad (2.6.1.6)$$

где  $L$  – длина трассы, км;

$V_{\text{ср.общ.}}$  – среднетехническая скорость по дороге.

Результаты расчета приведены в графической части на листе № 2, согласно которым делаем вывод, что скорость движения на всем протяжении трассы в прямом и обратном направлениях автомобиля ГАЗ – 24 «Волга» составляет 145 км/ч.

### **2.6.2 Оценка безопасности движения по графикам коэффициентов аварийности**

Для оценки безопасности движения используется метод сезонных графиков коэффициентов аварийности, позволяющий учитывать сезонные и кратковременные изменения условий движения, и на этой основе принимать мероприятия, повышающие безопасность движения для каждого конкретного периода с учетом природно-климатических факторов.

Итоговый коэффициент аварийности определяется по формуле

$$K_{\text{ав.ит.}} = \prod_{i=1}^{18} K_i, \quad (2.6.2.1)$$

где  $K_i$  – частные коэффициенты аварийности, определяемые отношением количества ДТП на участке дороги к количеству ДТП на эталонном горизонтальном прямом участке дороги с проезжей частью шириной 7,5 м с широковатым покрытием и укрепленными обочинами.

Сезонные графики коэффициентов аварийности строят отдельно для лета, зимы и переходного периода. Расчетные значения параметров дороги в неблагоприятные периоды года, необходимые для определения частных коэффициентов аварийности, вычисляют путем умножения нормативных значений параметров дороги, соответствующих эталону, на поправочные коэффициенты, учитывающие изменение параметров дороги по периодам года.

Анализ коэффициента аварийности на существующей дороге показал: коэффициент аварийности имеет максимальное значение 34,3 в переходный период года. Учитывая состояние земляного полотна и дорожной одежды до реконструкции, проезд по этому участку нельзя считать безопасным. Значения итоговых коэффициентов аварийности превышают 25, следовательно, необходимо разработать проект реконструкции данного участка трассы.

Результаты представлены на соответствующей эпюре листа №2 графической части работы.

### **2.6.3 Оценка по графикам коэффициентов безопасности**

Наиболее безопасной для движения является трасса без резких переломов в плане и профиле, и высокой пропускной способностью. Для оценки плавности продольного профиля и обеспечения безопасности строят эпюры



скоростей движения, и используя их, строят графики коэффициентов безопасности.

Коэффициентом безопасности определяют по формуле

$$K_{\text{без.}} = \frac{V_{\min}}{V_{\max \text{ в}}}, \quad (2.6.3.1)$$

где  $V_{\min}$  - минимальная скорость движения, обеспечиваемая тем или иным участком дороги;

$V_{\max \text{ в}}$  - максимально возможная скорость въезда автомобилей на этот участок.

$$K_{\text{без, для всех участков}} = \frac{145,00}{145,00} = 1,00$$

Соотношение скоростей принимают по эпюре скоростей движения при изменении координат скоростей по длине дороги. Далее по значениям коэффициентов безопасности строят график, на котором выделяют участки по степени опасности, уделяя особое внимание участкам, где  $K_{\text{без.}} < 0,8$ . Эпюры скоростей представлены на листе №2 графической части.

Вывод: безопасность движения по автомобильной дороге обеспечена, так как полученные значения коэффициентов безопасности больше 0,8.

#### 2.6.4 Оценка по пропускной способности

Пропускной способностью называется максимальное количество автомобилей, которое может пройти по дороге за определенный отрезок времени при определенном режиме движения.

Различают максимальную теоретическую способность, определяемую расчетом по формулам динамической задачи теории движения транспортных потоков для идеализированного колонного движения однотипных автомобилей в благоприятных дорожных условиях, и практически типичную пропускную способность – наибольшее число автомобилей, которое может быть пропущено участком дороги в благоприятных погодных условиях. Для второго случая пропускную способность определяют с использованием опытных коэффициентов, отражающих влияние дорожных условий на изменение пропускной способности по сравнению с горизонтальным прямым участком.

Пропускную способность в разных дорожных условиях рассчитывают по формуле

$$P = \beta \cdot P_{\max}, \quad (2.6.4.1)$$

где  $\beta$  – итоговый коэффициент снижения пропускной способности, определяется по формуле (2.6.4.2);

$P_{\max}$  – максимальная приведенная к легковому автомобилю пропускная способность, что соответствует двухполосной дороге в обоих направлениях, принимаем равную 2000 авт/час.

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \dots \cdot \beta_{15}, \quad (2.6.4.2)$$

где  $\beta_1 \dots \beta_{15}$  – частные коэффициенты, учитывающие снижение пропускной способности за счет влияния неблагоприятных условий.

Пропускную способность с учетом фактического состава движения определяют по формуле

$$P_{\phi} = \frac{P}{n_1 \Psi_1 + n_2 \Psi_2 + \dots + n_n \Psi_n}, \quad (2.6.4.3)$$

где  $P$  – пропускная способность приведенного состава;

$n_i$  – количество ( в долях единиц) транспортных средств различных типов;

$\Psi_i$  – величина коэффициентов приведения.

При расчете пропускной способности учитывают зону влияния каждого элемента дороги, в пределах которой происходит изменение режима движения потоков автомобилей.

По полученным значениям строят график изменения пропускной способности дороги, над которым строят график изменения коэффициента загрузки  $Z$  каждого участка, определяемого по формуле

$$Z = \frac{N_{\text{прив}} \cdot 0,1}{P_{\phi}}, \quad (2.6.4.4)$$

где  $N_{\text{прив}}$  – приведенная интенсивность движения, авт/час;

$P_{\phi}$  - пропускная способность с учетом фактического состава движения.

Значения частных коэффициентов пропускной способности сведены в таблице 7.

Часовая интенсивность движения равна

$$N_1 = 0,1 \cdot P_{\text{факт}} = 2937,7 \cdot 0,1 = 293,77 \text{ авт./час}$$

Значения коэффициентов загрузки для определенных участков трассы сведены в таблицу 7.

Таблица 7 – Коэффициенты загрузки

$\beta$	$P_{\max}$	$P_{\text{расч}}$	$N_1$	$P_{\text{факт}}$	$Z$
0,41	2000	820	297	585,7	0,256
0,43	2000	860	297	614,3	0,244

Вывод: Коэффициенты безопасности и уровня загрузки  $< 0,6$ , что является не соответствием нормативным требованиям комплексной оценки безопасности движения [4].

График пропускной способности и уровней загрузки приведены на листе №2 графической части.

### 2.7.3 Заключение по комплексной оценке безопасности

Оценка скорости движения произведена по методу Бельского и на всем протяжении трассы соответствует максимальной скорости расчетного автомобиля ГАЗ-24 «Волга» равной 145 км/ч.

Результаты оценки итоговых коэффициентов аварийности показали, что проезд по данному участку трассы не является безопасным и требует срочных мер по устранению данной ситуации.

Оценка плавности продольного профиля и обеспечения безопасности показали, что на всем протяжении трассы отсутствуют резкие переломы и это создает условия для безопасного проезда.

Коэффициенты безопасности и уровня загрузки не соответствует нормативным требованиям комплексной оценки безопасности движения [4].

Проанализировав результаты оценки комплексной безопасности движения на существующей дороге, делаем вывод, что необходимо провести полную реконструкцию данного участка трассы, для устранения всех обнаруженных несоответствий и дефектов, с целью дальнейшего безопасного эксплуатации трассы.

## 3 Реконструкция дороги

### 3.1 Определение категории дороги

Категория проектируемой автомобильной дороги устанавливается согласно СП 34.13330.2012 [1]. Её назначают по расчетной интенсивности движения, измеряемой в приведенных к легковому автомобилю единицах в сутки (прив. ед/сут). Приведение потока транспортных средств к потоку, состоящему только из легковых автомобилей, осуществляется с помощью специальных коэффициентов, приведенных в СП 34.13330.2012 [1] таблица 4.2 (таблица 8).

Таблица 8 – Коэффициенты приведения для различных транспортных средств

Типы транспортного средства	Грузоподъемность, т	Коэффициент приведения
Легковые автомобили	-	1
Мотоциклы с коляской	-	0,75
Мотоциклы и мопеды	-	0,5

Грузовые автомобили	2	1,5
	4	1,75
	6	2
	7	2,25
	8	2,5
	10	2,67
	14	3
	Свыше 14	3,5
Автопоезда	12	3,5
	20	4
	30	5
	Свыше 30	6

Расчетной интенсивностью является перспективная интенсивность движения, при этом перспективный период равен 20 годам. За начальный год перспективного периода принимается год завершения проекта. Данные об интенсивности получают с помощью экономических изысканий.

Определяем исходную интенсивность каждого типа автомобиля по формуле

$$N = N_{\text{исх}} \frac{P}{100}, \quad (3.1.1)$$

где  $N_{\text{исх}}$  – исходная интенсивность движения;

$P$  – количество автомобилей в процентах.

$$N_{\text{л.а.}} = N_{\text{исх}} \frac{P_{\text{л}}}{100} = 788 \cdot \frac{61}{100} = 480,68 \text{ а/сут};$$

$$N_{\text{авт.}} = N_{\text{исх}} \frac{P_{\text{л}}}{100} = 788 \cdot \frac{2}{100} = 15,76 \text{ а/сут};$$

$$N_{\text{до 2т}} = N_{\text{исх}} \frac{P_{2-6\text{т}}}{100} = 788 \cdot \frac{8}{100} = 63,04 \text{ а/сут};$$

$$N_{2-6\text{т}} = N_{\text{исх}} \frac{P_{2-6\text{т}}}{100} = 788 \cdot \frac{9}{100} = 70,92 \text{ а/сут};$$

$$N_{6-8\text{т}} = N_{\text{исх}} \frac{P_{6-8\text{т}}}{100} = 788 \cdot \frac{8}{100} = 63,04 \text{ а/сут};$$

$$N_{8-14\text{т}} = N_{\text{исх}} \frac{P_{8-14\text{т}}}{100} = 788 \cdot \frac{6}{100} = 47,28 \text{ а/сут};$$

$$N_{\text{ап.12т}} = N_{\text{исх}} \frac{P_{\text{ап.12т}}}{100} = 788 \cdot \frac{4}{100} = 31,52 \text{ а/сут};$$

$$N_{\text{ап.20т}} = N_{\text{исх}} \frac{P_{\text{ап.20т}}}{100} = 788 \cdot \frac{2}{100} = 15,76 \text{ а/сут}.$$

Приводим исходный поток к потоку, состоящему из легковых автомобилей с помощью специальных коэффициентов приведения из таблицы 5 и вычисляем исходную интенсивность движения, измеряемую в приведенных автомобилях по формуле

$$N_{\text{пр.исх}} = \sum_{i=1}^M N_i K_i, \quad (3.1.2)$$

где  $N_i$  - исходная интенсивность каждого типа автомобиля;

$K_i$  – коэффициент приведения для каждого типа автомобиля.

$$N_{\text{пр.исх}} = 480,68 \cdot 1 + 63,04 \cdot 1,3 + 70,92 \cdot 1,4 + 63,04 \cdot 1,6 + 47,28 \cdot 1,8 + 31,52 \cdot 1,8 + 15,76 \cdot 2,2 + 15,76 \cdot 3 = 986,57 \text{ (прив. а/сут)}$$

Определяем перспективную интенсивность движения по формуле

$$N = N_{\text{пр.исх}} \left(1 + \frac{P}{100}\right)^t, \quad (3.1.3)$$

где  $N_{\text{пр.исх}}$  - исходная интенсивность движения, измеряемая в приведенных автомобилях;

$P$  – коэффициент ежегодного прироста;

$t$  - срок службы автомобильной дороги (принимаем 20 лет).

$$N = 986,57 \cdot \left(1 + \frac{6,8}{100}\right)^{20} = 3677,5 \text{ (прив. а/сут);}$$

$$N_{20} = 870 \cdot \left(1 + \frac{6,8}{100}\right)^{20} = 2937,3 \frac{\text{авт}}{\text{сут}} \text{ (в транспортных единицах).}$$

Вывод: согласно таблице 1 СП 34.13330.2012 [1] полученное значение соответствует дороге III технической категории и данная автомобильная дорога не справляется с работой и нуждается в реконструкции, а именно в переводе автомобильной дороги IV категории в III категорию.

Основные элементы проектируемой дороги в плане, продольном и поперечном профилях назначаются по СП 34.13330.2012 [1] и ГОСТ Р 52399-2005 [3] и заносятся в таблицу 9.

Таблица 9 – Основные технические показатели автомобильной дороги

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя
1 Категория дороги	-	III
2 Расчетная интенсивность движения	прив.ед/сут.	3677,5

3 Расчетная скорость движения	км/ч	100
4 Число полос движения	шт	2
5 Ширина полосы движения	м	3,5
6 Ширина проезжей части	м	7
7 Ширина обочин	м	2,5
8 Ширина краевой полосы у обочины	м	0,5
9 Ширина укрепленной части обочины	м	0,5
10 Ширина земляного полотна без ограждений	м	12
11 Поперечный уклон проезжей части и краевой полосы в зависимости от дорожно-климатической зоны (при асфальтобетонном покрытии)	‰	20
12 Поперечный уклон обочины за пределами краевой полосы	‰	40
13 Наименьшие радиусы кривых в плане	м	600
14 Наибольший продольный уклон	‰	50
15 Допускаемый наибольший продольный уклон на трудных участках	‰	50
16 Наименьшие радиусы выпуклых кривых в продольном профиле	м	10000
17 Наименьшие радиусы выпуклых кривых, допускаемые на трудных участках	м	5000
18 Наименьшие радиусы вогнутых кривых продольного профиля	м	3000
19 Расчетные расстояния видимости в продольном профиле: для остановки для встречного автомобиля при обгоне	м	200 350 700

### 3.2 План трассы

При трассировании учтено условие, а именно, реконструируемая дорога по возможности должна совпадать с направлением оси существующей дороги, таким образом, чтобы минимизировать объемы работ. Тем самым обеспечивается оптимальная экономия.

Проектная ось трассы совпадает с существующей осью дороги. Так как радиусы закругления соответствуют минимально допустимым радиусам для III категории автомобильной дороги по СП 34.13330.2012 [1].

Начало реконструкции принято ПК 0+00 соответствует существующей автомобильной дороги Борцова – Кудельный Ключ. Конец трассы ПК 50+00 соответствует существующей автомобильной дороги Борцова – Кудельный Ключ .

Ведомость углов поворота, прямых и круговых кривых по длине автомобильной дороги приведена в прилагаемых документах на листе №1 графической части.

Всего по длине дороге назначено 2 угла поворота. Принятые радиусы поворота назначены исходя из условия обеспечения видимости в плане. План трассы представлен в графической части на листе №1.

### 3.3 Продольный профиль

Продольный профиль запроектирован по нормам СП 34.13330.2012 [1], для дорог III категории. Радиусы вертикальных выпуклых кривых – 10000 м, вогнутых кривых – 3000 м и 15000 м приняты в соответствии с СП34.13330.2012 [1].

#### 3.3.1 Обоснование руководящих отметок и контрольных точек

Руководящие отметки необходимы для того, что бы установить оптимальную высоту насыпи, которая обеспечит нормальные условия эксплуатации земляного полотна. Выделяют три типа местности по увлажнению:

- 1) Сухие участки;
- 2) Сырые участки с избыточным увлажнением в отдельные периоды года;
- 3) Мокрые участки, с постоянным избыточным увлажнением.

Руководящая отметка для I типа местности по увлажнению определяется из условия снегозаносимости дороги. Условие снегозаносимости заключается в том, чтобы отметка бровки насыпи должна быть не менее величины определяемой по формуле

$$h_p = h_{\text{сн.}} + \Delta h, \quad (3.3.1.1)$$

где  $h_{\text{сн.}}$  - расчетная толщина снежного покрова с обеспеченностью 5%;

$\Delta h$  - возвышение бровки насыпи над уровнем снежного покрова для III категории дороги = 0,6 метра.

$$h_p = 1,1 + 0,6 = 1,7 \text{ м.}$$

Руководящая отметка для первого типа местности по увлажнению определяется по формуле

$$h_1 = h_p + i_{\text{об.}} \cdot b_2 + i_{\text{поп.}} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (3.3.1.2)$$

где  $b_1$  - ширина покрытия;

$b_2$  – ширина обочины за вычетом краевой полосы;

$i_{об.}$  – поперечный уклон неукрепленной части обочины, 40‰;  
 $i_{поп.}$  - поперечный уклон проезжей части и краевой полосы, 20‰.

$$h_1 = 1,7 + 0,040 \cdot 2,5 + 0,020 \cdot \frac{7}{2} = 1,92 \text{ м.}$$

Руководящую отметку для II типа местности по увлажнению определяют от верха покрытия дорожной одежды до поверхности земли или до уровня поверхностных вод по формуле

$$h_{II} = h_{1н} + h_{пв} + i_{поп.} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (3.3.1.3)$$

где  $h_{пв}$  - толщина слоя воды над поверхностью земли;

$h_{1н}$  – возвышение поверхности дорожного покрытия дорожной одежды над поверхностью земли;

$b_1$  ширина покрытия = 0,9м;

$b_2$  – ширина обочины за вычетом краевой полосы;

$i_{об.}$  – поперечный уклон неукрепленной части обочины;

$i_{поп.}$  - поперечный уклон проезжей части и краевой полосы.

Значения  $h_{1н}$  принимаются в зависимости от дорожно климатической зоны и грунта рабочего слоя.

$$h_{II} = 0,9 + 0 + 0,020 \cdot \frac{7}{2} = 0,97 \text{ м.}$$

Руководящую отметку для III типа местности по увлажнению определяют от верха покрытия дорожной одежды до уровня грунтовых или поверхностных вод, стоящих более 30 суток, по формуле

$$h_{III} = h_{2н} + h_{гв} + i_{поп.} \cdot \frac{b_1}{2}, \quad (3.3.1.4)$$

где  $h_{2н}$  – возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над уровнем грунтовых вод = 1,1м;  $h_{гв}$  – расстояние от поверхности земли до уровня грунтовых вод = 0,37м.

$$h_{III} = 1,1 + 0,39 + 0,02 \cdot \frac{7,5}{2} = 1,55 \text{ м.}$$

К контрольным точкам относят начало и конец трассы, отметки проезжих частей мостов и путепроводов. Минимальные отметки насыпи над трубами, отметки головки рельса железных дорог и отметки проезжих частей, су-



ществующих дорог на пересечениях в одном уровне. Ведомость контрольных точек и представлена в таблице 9.

Руководящая отметка для труб определяется по формуле

$$H=d+\Delta+\delta+h_{\text{до}}, \quad (3.3.1.5)$$

где  $d$  – диаметр трубы;

$\Delta$  - толщина засыпки над трубой;

$\delta$  – толщина стенки трубы;

$h_{\text{до}}$  – толщина дорожной одежды.

$$H = 1,5+0,5+0,12+0,64 = 2,54 \text{ м.}$$

Таблица 10 – Ведомость контрольных точек

Местоположение		Отметка, м	Вид контрольной точки
ПК	+		
0	00	300,63	НТ
6	60	306,09	Труба
19	00	318,73	Труба
22	50	320,88	АД
37	20	336,87	АД
40	55	335,28	Труба
50	00	339,39	КТ

### 3.3.2 Описание проектной линии

Проектная линия продольного профиля запроектирована по оси проезжей части и увязана с проектной линией смежных участков. Элементы продольного профиля приняты в соответствии с требованиями СП 34.13330.2012 [1] из условия обеспечения расчетной скорости и безопасности движения, а также зрительного восприятия. Видимость в плане и продольном профиле обеспечена.

Подробный продольный профиль представлен в графической части на листе № 3.

### 3.4 Поперечные профили

Конструкция поперечных профилей земляного полотна назначена согласно III категории дороги, с учетом плана и продольного профиля.

Поперечные профили запроектированы в соответствии с требованием СП 34.13330.2012 [1] и ГОСТ Р 52399-2005 [3].

Поперечный профиль проезжей части – двухскатный.

Типы поперечных профилей:

Тип 1 – высота насыпи до 3 м с кюветами с заложением откосов – 1:4;

Тип 2 – высота насыпи от 3 до 6 м без кюветов с заложением откосов – 1:1,5;

Тип 3 — высота насыпи до 3 м на болоте, с применением вертикальных дрен, заложение откоса — 1:1,5.

Конструкции поперечных профилей приведена на листе № 4 графической части.

### 3.5 Дорожный водоотвод

Участок реконструируемой дороги запроектирован на косогорных и пологих участках местности, что требует принятия конструктивных решений по вопросам водоотвода, во избежание размывающего действия ливневых потоков на земляное полотно.

Кюветы имеют трапецеидальное сечение с шириной по дну 0,5 м, которые позволяют разместить там снег, сбрасываемый с проезжей части в зимнее время, улучшая условия эксплуатации и видимости и позволяя применять механизированную очистку кюветов.

Продольный водоотвод обеспечивается таким продольным уклоном по дну кювета, чтобы беспрепятственно осуществлялся сток воды. Минимальный уклон дна кювета 5‰, а наибольший — 42‰. При уклоне от 10‰ до 30‰ предусмотрено укрепление кюветов засевом трав, при уклоне более 30‰ предусмотрено мощение.

Поперечный водоотвод обеспечивается нормативным поперечным уклоном проезжей части — 20‰ и обочины — 40‰, а так же искусственными сооружениями.

Гидравлический расчет проводим по справочнику инженера-дорожника [5]. Вычисляем значение расхода ливневых вод для трех труб по формуле

$$Q_{\text{л}} = 16,7 \cdot a_{\text{ч}} \cdot K_t \cdot \alpha \cdot \varphi \cdot F, \quad (3.5.1)$$

где  $a_{\text{ч}}$  — интенсивность ливня часовой продолжительности, мм/мин;

$K_t$  — коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчетной продолжительности;

$\alpha$  — коэффициент потерь стока;

$\varphi$  — коэффициент редукции;

$F$  — площадь бассейна, км<sup>2</sup>.

$$Q_{\text{л1}} = 16,7 \cdot 0,59 \cdot 2,08 \cdot 0,35 \cdot 0,2 \cdot 2,90 = 4,37;$$

$$Q_{\text{л2}} = 16,7 \cdot 0,59 \cdot 2,08 \cdot 0,35 \cdot 0,2 \cdot 2,40 = 3,61$$

$$Q_{\text{л2}} = 16,7 \cdot 0,59 \cdot 2,08 \cdot 0,35 \cdot 0,2 \cdot 2,50 = 3,76;$$

По графику определения пропускной способности типовых труб (рисунок 15.14 справочника инженера — дорожника [5]) и по гидравлическим характеристикам типовых круглых труб (таблица 15.10 справочника инженера — до-

рожника [5]) делаем вывод, что существующие водопропускные трубы диаметром 1,5 м справляются с существующим потоком воды, и так как находятся в хорошем состоянии - не требуют замены.

### 3.6 Расчет дорожной одежды

В данной работе предполагается разработка двух вариантов конструкции дорожной одежды. При расчете руководствуемся ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» [6].

Расчет дорожной одежды производится по четырём критериям:

- по допускаемому упругому прогибу;
- на растяжение при изгибе монолитных слоёв;
- на активное сопротивление сдвигу в несвязных слоях дорожной одежды или грунте;
- на морозостойкость.

Исходные данные:

- 1) район проектирования – Новосибирская область;
- 2) грунт земляного полотна в активной зоне – супесь легкая;
- 3) местность по условиям увлажнения – 1;
- 4) III категория дороги.

Так как III категория дороги, то проектируем дорожную одежду капитального типа – 115 кН.

Приведенную интенсивность на последний год службы определяют по формуле

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{m=1}^N N_m \cdot S_{m \cdot \text{сут}}, \quad (3.6.1)$$

где  $f_{\text{пол}}$  - коэффициент, учитывающий число полос (0,55 т.к. 2 полосы);

$S_{m \cdot \text{сут}}$  - суммарный коэффициент приведения;

$N_m$  - число проездов в сутки, в обоих направлениях транспортных средств  $m_i$  марки.

Результаты расчета сводим в таблицу 10.

Таблица 11 – Определение величины приведенной интенсивности на последний год службы

Вид транспорта	%	$N_i$ пере а/сут	$S_m \cdot \text{сут}$	$N_m \cdot S_m$	$N_p$
Легковые автомобили	61	1791,95	0	0,00	0,00
Грузовые до 2т	2	58,75	0,005	0,005	1,18
от 2т до 6т	9	234,98	0,2	0,20	52,87
от 6т до 8т	8	264,36	0,7	0,70	164,49
от 8т до 14т	6	234,98	1,25	1,25	220,3
Автопоезда до 12т	4	176,24	1,5	1,50	176,24

от 12т до 20т	2	117,49	1,5	1,50	88,13
Автобусы	2	58,75	0,7	0,70	41,15
$\Sigma 744,3$					

Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки в точке на поверхности конструкции за срок службы определяется по формуле

$$\Sigma N_p = 0,7 \cdot N_p \cdot \frac{K_c}{q^{(T_{сл}-1)}} T_{рдг} \cdot k_n, \quad (3.6.2)$$

где  $K_c$  – коэффициент суммирования, определяется по формуле (3.6.3);

$T_{рдг}$  – расчетное число, расчетных дней в году соответствующих определенному состоянию деформируемой конструкции, для Омской области  $T_{рдг} = 130$  дней (таблица П 6.1 ОДН [6]);

$k_n$  – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего, ожидаемого,  $k_n=1,38$ .

$q$  – ежегодный прирост (показатель изменения интенсивности движения по годам), определяется по формуле (4.4.4)

$T_{сл}$  – срок службы дорожной одежды, 20 лет;

$N_p$  – суточная интенсивность движения автомобилей, авт./сут.

$$K_c = \frac{q^{T_{сл}} - 1}{q - 1}, \quad (3.6.3)$$

где  $q$  – то же, что и в формуле (3.6.2).

$$K_c = \frac{1,068^{20} - 1}{1,068 - 1} = 40,11.$$

$$q = 1 + \frac{p}{100}, \quad (3.6.4)$$

где  $p$  – коэффициент ежегодного прироста, %.

$$q = 1 + \frac{6,8}{100} = 1,068.$$

$$N_{прив} = 0,55 \cdot 744,34 = 409,38 \text{ прив. груз./сут.}$$

$$\Sigma N_p = 0,7 \cdot 409,38 \cdot \frac{40,11}{1,068^{(20-1)}} 130 \cdot 1,32 = 565157,09 \text{ шт.}$$

Конструкция дорожной одежды проходит по требованиям прочности и надежности по величине упругого прогиба, если выполняется условие

$$\frac{E_{\text{общ}}}{E_{\text{тр}}} \geq K_{\text{пр}}^{\text{тр}}, \quad (3.6.5)$$

где  $E_{\text{общ}}$  – общие модули упругости на поверхности слоев, МПа;

$E_{\text{тр}}$  – требуемый модуль упругости, МПа, определяется по формуле (3.6.6);

$K_{\text{пр}}^{\text{тр}}$  – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, принимаемый в зависимости от требуемого уровня надежности,  $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,17$ .

$$E_{\text{min, mp}} = 98,65 \cdot [\log(\sum N_p) - c], \quad (3.6.6)$$

где  $N_p$  – суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки в точке на поверхности конструкции за срок службы;

$c$  – эмпирический параметр, применяемый для расчетной нагрузки на ось,  $c=3,25$ .

$$98,65 \cdot [\log(2565157,09) - 3,55] = 217 \text{ МПа.}$$

$E_{\text{тр}} = 200$  МПа по ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» [6]. За расчетное значение принимаем  $E_{\text{мин}}$ , так как  $E_{\text{тр}} < E_{\text{мин}}$ .

При подборе слоёв конструкции дорожной одежды используем ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон [7], ГОСТ 8267-2013 Черный щебень [8] и ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ [9].

Расчет дорожной одежды производится в программе *IndorPavement* 9.1 и приведен в приложении Г.

### 3.7 Искусственные сооружения

Существующие трубы располагаются согласно рельефу местности в пониженных местах. Они пропускают максимальный паводок расчетной вероятности превышения 2% и удовлетворяют основным техническим требованиям, предъявляемым к проектируемому сооружению.

Следовательно после изменений проведенных в продольном и поперечном профилях необходимо произвести удлинение и уменьшение водопропускных труб. Ведомость искусственных сооружений представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Ведомость искусственных сооружений

№	ПК +	Наименование водотока	Тип и отверстие сооружения	Угол поворота к оси дороги,	Полная длина
1	6+60	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	19,04

2	19+00	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	24,30
3	40+55	лог	Круглая сборная ж/б d=1,5 м	90	19,84

Трубу на ПК 6+60 необходимо удлинить на 3 звено с каждой стороны. Трубу на ПК 19+00 необходимо укоротить на 5 звено с каждой стороны. Трубу на ПК 40+55 необходимо удлинить на 3 звеньев с каждой стороны.

### 3.8 Комплексная оценка безопасности движения на дороге после реконструкции

Комплексная оценка безопасности движения производится аналогично описанию в главе 2 пункт 2.6.

После проведения реконструкции автомобильной дороги результаты комплексной оценки составили:

1. Скорость движения на всем протяжении трассы в прямом и обратном направлениях составляет автомобиля ГАЗ – 24 «Волга» 145 км/ч;
2. Коэффициент безопасности движения на все участке равен 1,0;
3. Уровень загрузки на всем участке трассы составляет 0,385.
4. Пропускная способность на всем участке трассы составляет 1080.
5. Коэффициент аварийности на ПК00+00 – ПК22+20, ПК23+20 – ПК36+20, ПК37+20 – ПК50+00 составляет летом – 1,11, в переходный период – 2,34, зимой – 2,7. На ПК22+20 – ПК23+20, ПК36+20 – ПК37+20 составляет летом – 3,3, в переходный период – 7, зимой – 8,1.

Вывод: результаты комплексной оценки безопасности движения на участке трассы после реконструкции находятся в пределах нормативных значений, следовательно дорога обеспечивает безопасное движение.

Результаты оценки приведены в графической части на листе № 2.

### 3.9 Подсчет объема земляных работ

При проектировании автомобильных дорог определяют объемы насыпей и выемок, резервов и кавальеров, кюветов, котлованов и других земляных работ. Объемы земляных работ необходимо знать для сравнения вариантов дорог, для проектирования продольного профиля, составления проекта организации работ.

При определении объема земляных работ используют формулу Винклера. По этой формуле объем призматоида определяют через среднеарифметическое площадей сечений в начале и в конце участка по формуле

$$V = \left( \frac{F_i + F_{i-1}}{2} - \frac{m_i \cdot (h_i - h_{i-1})^2}{16} \right) \cdot L_i, \quad (3.9.1)$$

где  $F_{i-1}$ ,  $F_i$ ,  $F_{cp}$  – площади поперечных сечений в начале, конце и середине участка;

$L_i$  – расстояние между сечениями земляного полотна  $i$  и  $i-1$ ;  
 $h_i, h_{i-1}$  – рабочие отметки в  $i$  и  $i-1$  сечениях, соответственно;  
 $m_i$  – заложение откоса.

При подсчете объемов земляных работ учитываются следующие поправки:

- 1) Поправка на косогорность, при поперечном уклоне более 100%;
- 2) Поправка на разность рабочих отметок;
- 3) Поправка на устройство дорожной одежды;
- 4) Поправка на разность ширины земляного полотна;
- 5) Поправка на снятие растительного слоя грунта;
- 6) Поправка на искусственное уплотнение грунта в насыпях.

Таким образом, объемы земляных работ составили:

- тело насыпи 87435 м<sup>3</sup>;
- кюветы насыпи 2343 м<sup>3</sup>;

Объемы земляных работ подсчитываются с помощью ЭВМ. Расчет представлен в приложении В. График распределения земляных масс приведен в графической части на листе № 5.

### **3.10 Полоса отвода автомобильной дороги**

Полоса отвода автомобильной дороги – земельные участки (независимо от категории земель), которые предназначены для размещения конструктивных элементов автомобильной дороги, дорожных сооружений и на которых располагаются или могут располагаться объекты дорожного сервиса.

Положение границ полосы отвода автомобильной дороги в нормах отвода установлено в зависимости от:

- Категории автомобильной дороги;
- Количества полос движения;
- Высоты насыпей или глубины выемок;
- Наличия боковых резервов;
- Крутизны откосов земляного полотна;
- Требований обеспечения безопасности движения и боковой видимости.

Ширину земельных участков, предназначенных для обеспечения необходимых условий производства работ по содержанию автомобильных дорог в пределах полосы отвода, принимаем не менее 3 м с каждой стороны дороги.

В соответствии с постановлением правительства от 2.09.2009 №717 «О нормах отвода земель для размещения автомобильных дорог и (или) объектов дорожного сервиса» [10], определяем ширину полосы отвода для каждого участка автомобильной дороги. Постоянный отвод земель назначаем с учетом видимости.

Полоса отвода приведена в графической части на листе № 5.

#### 4 Обустройство дороги

Обстановка дороги включает в себя работы по установке сигнальных железобетонных столбиков, металлического барьерного ограждения, дорожных знаков и нанесение разметки. Все работы выполняются специализированными подразделениями.

Километровые знаки ставятся с одной стороны трассы, через каждый километр существующего километража. Сигнальные столбики расставляют с обеих сторон трассы через каждые 50 м. Барьерные ограждения устанавливают в тех местах, где высота насыпи составляет более 3 м и на трубах.

Дорожные сигнальные столбики по техническим параметрам и способам размещения на автомобильных дорогах должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 50970-2011 Технические средства организации дорожного движения [11] и ГОСТ Р 52289-2004 Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств [12].

Конструкция дорожных ограждений должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 52607-2006 Технические средства организации дорожного движения [13]. Установка ограждений на автомобильных дорогах должна быть выполнена по ГОСТ Р 52289-2004 Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств [12].

Разметку наносят с помощью маркировочной машины по оси проезжей части, для разделения полос движения, и по кромке проезжей части, для обозначения укрепительной полосы. По техническим параметрам дорожная разметка должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 51256-2011 Технические средства организации дорожного движения, разметка дорожная [14]. Нанесение дорожной разметки на покрытие и элементы дорожных сооружений осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 52289-2004 Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств [12].

Ведомость дорожных знаков и разметки приведена в таблице 16.

Таблица 17– Ведомость дорожных знаков и разметки

Привязка	Номер и название
ПК22+50; ПК37+20Дорожные знаки	
ПК22+35; ПК22+65; ПК37+05; ПК37+35;	2.1 – «Главная дорога»
ПК22+35; ПК22+65; ПК37+05; ПК37+35;	2.4 – «Уступите дорогу»
ПК 0+00; ПК10+00; ПК20+00; ПК30+00; ПК40+00; ПК50+00	6.3 – «Километровый знак»
Дорожная разметка	
ПК0+00 – ПК21+60 ПК23+40 – ПК36+30 ПК38+10 – ПК50+00	1.5 – разделение транспортных потоков



## 5 Проектирование насыпи на болоте

Проектируемая автомобильная дорога с ПК 17+00 по ПК 18+00 проходит по болоту. При проектировании насыпи на слабых основаниях необходимо обеспечить устойчивость основания, то есть исключить боковое выдавливание слабого грунта из-под насыпи, стабильность основания, т.е. интенсивная часть осадки (90-% консолидации) должна завершиться до устройства покрытия, чтобы упругие колебания земляного полотна при движении транспортных средств не превышали значений, допускаемых для данного типа покрытий.

Исходные данные:

- 1) Высота насыпи – 4,23 м;
- 2) Заложение откоса – 1:1,5м;
- 3) Ширина земляного полотна – 12 м;
- 4) Удельный вес грунта – 2,7г/см<sup>3</sup>;
- 5) Срок консолидации – 90 суток;
- 6) Класс нагрузки А = 20К, [15].

Таблица 18 – Характеристики залегающих слоев

№ слоя	Коэффициент пористости	Коэффициент фильтрации, см/час	Удельный вес торфа, г/см <sup>3</sup>	Степень разложения, %
1	$\varepsilon_1=4$	$K_{\phi 1}=0,068$	$\gamma_1=0,8$	$n_1=54$
2	$\varepsilon_2=3,5$	$K_{\phi 2}=0,063$	$\gamma_2=0,9$	$n_2=66$
3	$\varepsilon_3=2,8$	$K_{\phi 3}=0,018$	$\gamma_3=1,05$	$n_3=80$

Проектирование земляного полотна на болотах ведется в три стадии как описано в курсе лекций [16]:

- 1) Определение осадки насыпи на болоте;
- 2) Определение длительности осадки;
- 3) Проектирование земляного полотна.

### 5.1 Определение осадки насыпи на болоте

Расчет начинаем с определения устойчивости основания через коэффициент безопасности по формуле

$$K_{\text{без}} = \frac{P_{\text{без}}}{P_{\text{расч}}}, \quad (5.1.1)$$

где  $P_{\text{без}}$  – безопасная нагрузка на основание;

$P_{\text{расч}}$  – расчетная нагрузка на основание.

$$K_{\text{без}} = \frac{201,60}{133,36} = 1,53.$$

При определении  $K_{\text{без}}$  учитывают скорость отсыпки насыпи: быструю отсыпку на полную высоту с запасом на осадку и медленную отсыпку, при которой скорость передачи нагрузки соответствует скорости нарастания прочности основания в результате процесса консолидации.

Устойчивость основания считается обеспеченной при условии

$$K_{\text{без}} \geq 1.$$

Безопасная нагрузка определяется по формуле

$$P_{\text{без}} = \left[ \frac{c + \gamma_T \cdot z \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\beta} \right], \quad (5.1.2)$$

где  $z$  – толщина торфяной залежи;

$c$  и  $\varphi$  – расчетные значения сцепления и угла внутреннего трения слабого грунта на расчетном горизонте  $z$ ;

$\gamma_T$  – удельный вес грунта слабой толщи;

$\beta$  – функция глубины расположения расчетного горизонта  $Z$ , геометрических параметров насыпи и расчетного угла внутреннего трения грунта основания, определяется по формуле (5.1.3) при высоте насыпи менее 2,5-3,5 м

$$\beta = 0,310 - 0,006\varphi, \quad (5.1.3)$$

где  $\varphi$  – то же, что и в формуле (5.1.2).

Учитывая, что в нашем случае имеется тир слоя торфа, для каждого выбираем свой вид согласно степени разложения по методическим рекомендациям таблица 9[15]. Результаты сводим в таблицу 19.

Таблица 19 – Характеристики слоев торфяной залежи

№ слоя	Угол внутреннего трения $\varphi$ , град	Сила сцепления $c$ , Т/м <sup>2</sup>	Вид торфа	Степень разложения, %
1	20	2,7	Древесный	54
2	14	7,8	Травяно-древесный	66
3	18	2,5	Осоковый	80

$$\beta_1 = 0,307 - 0,006 \cdot 20 = 0,187;$$

$$\beta_2 = 0,307 - 0,006 \cdot 14 = 0,223;$$

$$\beta_2 = 0,307 - 0,006 \cdot 28 = 0,139;$$

$$P_{\text{без } 1} = \left[ \frac{0,027 + 0,8 \cdot 160 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ}{0,187} \right] = 249,27 \text{ кПа};$$

$$P_{\text{без } 2} = \left[ \frac{0,078 + 0,9 \cdot 200 \cdot tg22}{0,223} \right] = 201,60 \text{ кПа};$$

$$P_{\text{без } 3} = \left[ \frac{0,025 + 1,05 \cdot 320 \cdot tg20}{0,139} \right] = 1285,46 \text{ кПа}.$$

Расчетная нагрузка  $P_{\text{расч}}$  определяется в следующей последовательности:

Определение расчетной нагрузки  $P_{\text{расч}}$  начинают с вычисления давления на поверхность торфяного основания от временной нагрузки при наиболее неблагоприятном ее расположении (при длительной остановке на дороге четырех колонн автомобилей: два автомобиля стоят на обочинах, два – на каждой полосе движения).

Давление от временной нагрузки распределяется в теле насыпи под углом  $45^\circ$ , и на поверхности торфяного основания при высоте насыпи  $h_n$  определяется по формуле

$$P_v = g_k \cdot K, \quad (5.1.4)$$

где  $P_v$  – давление от временной нагрузки;

$K$  – количество колес двух задних осей расчетного автомобиля, создающих суммарное давление, распространяющееся под углом  $45^\circ$ ;

$g_k$  – удельное давление от одного колеса, МПа, определяется по формуле (5.1.5).

$$g_k = \frac{P_k}{F}, \quad (5.1.5)$$

где  $P_k$  – нагрузка на колесо задней оси (для А-20К  $P_k = 600$  МПа);

$F$  – площадь круга в основании насыпи при диаметре следа колеса  $D=60$  см (для А=20К), определяется по формуле (5.1.6).

$$F = \frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot h_n)^2}{4}, \quad (5.1.6)$$

где  $\pi$  – число Пи,  $\pi = 3,14$ ;

$(D+2 h_n)$  – диаметр круга в основании насыпи при высоте  $h_n$ ;

$h_n$  – высота насыпи, см.

$$F = \frac{3,14 \cdot (0,6 + 2 \cdot 3,07)^2}{4} = 35,67 \text{ м}^2 = 356\,700 \text{ см}^2;$$

$$g_k = \frac{6000}{356700} = 0,0168 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} = 1,6 \text{ кПа};$$

$$P_B = 1,6 \cdot 10 = 16,8 \text{ кПа.}$$

Давление на торф от собственного веса насыпи определяется по формуле

$$P_H = \gamma_T \cdot h_H, \quad (5.1.7)$$

где  $P_H$  – давление на торф от собственного веса;

$\gamma_T$  – удельный вес грунта, кг/см<sup>3</sup>;

$h_H$  – то же, что и в формуле (5.1.6).

$$P_H = 2,7 \cdot 3,07 = 820 \text{ г/см}^2 = 82 \text{ кПа.}$$

Общее давление от временной нагрузки и собственного веса насыпи определяется по формуле

$$P = P_B + P_H, \quad (5.1.8)$$

где  $P_B$  – то же, что и в формуле (5.1.4);

$P_H$  – то же что и в формуле (5.1.7).

$$P = 16,8 + 82 = 98,8 \text{ кПа.}$$

Необходимо учесть дополнительное давление от веса грунта погруженной в торфяной массив насыпи, определяется по формуле

$$P_{oc} = \gamma_1 \cdot S, \quad (5.1.9)$$

где  $\gamma_1$  – удельный вес грунта, уменьшенный за счет объемной силы воды в торфе, определяется по формуле (5.1.10);

$S$  – величина осадки в результате уплотнения торфа, см, определяется по формуле (5.1.11).

$$\gamma_1 = (1 - n_T)(\gamma_T - 1), \quad (5.1.10)$$

где  $n_T$  – пористость грунта насыпи, %;

$\gamma_T$  – удельный вес грунта насыпи;

$$\gamma_1 = (1 - 0,3)(2,7 - 1) = 1,19 \text{ г/см}^3.$$

$$S = H \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_p}{\varepsilon_0 + 1}, \quad (5.1.11)$$

где  $H$  – мощность торфяной залежи, см;

$\varepsilon_0$  – коэффициент пористости торфяного грунта в естественном состоянии;  
 $\varepsilon_p$  – коэффициент пористости торфяного грунта при нагрузке Р.

Коэффициент  $\varepsilon_p$  определяют по упрощенному компрессионному уравнению Н.Н. Иванова

$$\varepsilon_p = \varepsilon_1 - Z \cdot \ln P, \quad (5.1.12)$$

где  $Z$  – постоянный коэффициент, зависящий от вида торфа =1,2;

$\varepsilon_1$  – коэффициент пористости торфяного грунта при давлении  $P = 0,1$ ;

$\varepsilon_1=6,9$  для осокового и травяно-древесного вида торфа.

Если торфяная залежь представлена несколькими слоями, коэффициенты  $\varepsilon_p$  и величину осадки определяют для каждого слоя. Суммарная осадка определяется по формуле

$$S=\Delta S_1+\Delta S_2+\Delta S_3+\dots+\Delta S_n, \quad (5.1.13)$$

где 1,2,...n – количество слоев торфяной залежи.

Расчет осадки сводят в таблицу 20.

Таблица 20– Результаты расчета осадки торфяной залежи

Уча- сток трассы		$H$	$P$	$Z$	$\varepsilon_1$	$\ln P$	$\varepsilon_p$	$\varepsilon_0$	$\varepsilon_0 - \varepsilon_p$	$(\varepsilon_0 - \varepsilon_p)/$ $(1 + \varepsilon_0)$	$\Delta S$	$S, \text{см}$
ПК	+											
17	10	0,60	99,7	0,8	3,18	4,60	1,38	4	2,62	0,52	0,31	1,234
		1,00	99,7	0,9	5,1	4,60	1,38	3,5	2,12	0,47	0,47	
		1,20	99,7	1,2	6,9	4,60	1,38	2,8	1,42	0,37	0,45	
17	30	1,10	99,7	0,8	3,18	4,60	1,38	4	2,62	0,52	0,58	1,956
		1,50	99,7	0,9	5,1	4,60	1,38	3,5	2,12	0,47	0,71	
		1,80	99,7	1,2	6,9	4,60	1,38	2,8	1,42	0,37	0,67	
17	50	1,70	99,7	0,8	3,18	4,60	1,38	4	2,62	0,52	0,89	2,824
		2,20	99,7	0,9	5,1	4,60	1,38	3,5	2,12	0,47	1,04	
		2,40	99,7	1,2	6,9	4,60	1,38	2,8	1,42	0,37	0,90	
17	70	1,50	99,7	0,8	3,18	4,60	1,38	4	2,62	0,52	0,79	2,419
		1,80	99,7	0,9	5,1	4,60	1,38	3,5	2,12	0,47	0,85	
		2,10	99,7	1,2	6,9	4,60	1,38	2,8	1,42	0,37	0,78	
17	90	1,00	99,7	0,8	3,18	4,60	1,38	4	2,62	0,52	0,52	1,819
		1,40	99,7	0,9	5,1	4,60	1,38	3,5	2,12	0,47	0,66	
		1,70	99,7	1,2	6,9	4,60	1,38	2,8	1,42	0,37	0,64	

Вносят поправку в расчетное давление, добавляя к давлению от временной и постоянной нагрузок дополнительное давление от веса погруженной в торфяной массив части насыпи по формуле

$$P_{\text{расч}} = P + P_{\text{ос}}, \quad (5.1.14)$$

где  $P$  – то же, что и в формуле (5.1.8);

$P_{oc}$  – то же, что и в формуле (5.1.9).

$$P_{oc} = 1,19 \cdot 283 = 336,53 \text{ г/см}^3 = 33,6 \text{ кПа},$$

$$P_{расч} = 99,7 + 33,6 = 133,35 \text{ кПа}.$$

Для расчета откорректированного давления повторяем вышеприведенный расчет осадки насыпи и результаты заносим в таблицу 21.

Таблица 21 – Откорректированный расчет осадки насыпи торфяной залежи

Участок трассы		$H$	$P$	$Z$	$\varepsilon_1$	$\ln P$	$\varepsilon_p$	$\varepsilon_0$	$\varepsilon_0 - \varepsilon_p$	$(\varepsilon_0 - \varepsilon_p) / (1 + \varepsilon_0)$	$\Delta S$	$S, \text{см}$
ПК	+											
17	10	0,60	133,36	0,8	3,18	4,89	1,03	4,00	2,97	0,59	0,36	1,391
		0,70	133,36	0,9	5,1	4,89	1,03	3,50	2,47	0,55	0,38	
		1,40	133,36	1,2	6,9	4,89	1,03	2,80	1,77	0,47	0,65	
17	30	1,20	133,36	0,8	3,18	4,89	1,03	4,00	2,97	0,59	0,71	2,550
		1,40	133,36	0,9	5,1	4,89	1,03	3,50	2,47	0,55	0,77	
		2,30	133,36	1,2	6,9	4,89	1,03	2,80	1,77	0,47	1,07	
17	50	1,60	133,36	0,8	3,18	4,89	1,03	4,00	2,97	0,59	0,95	3,535
		2,00	133,36	0,9	5,1	4,89	1,03	3,50	2,47	0,55	1,10	
		3,20	133,36	1,2	6,9	4,89	1,03	2,80	1,77	0,47	1,49	
17	70	1,10	133,36	0,8	3,18	4,89	1,03	4,00	2,97	0,59	0,65	2,381
		1,20	133,36	0,9	5,1	4,89	1,03	3,50	2,47	0,55	0,66	
		2,30	133,36	1,2	6,9	4,89	1,03	2,80	1,77	0,47	1,07	
17	90	0,80	133,36	0,8	3,18	4,89	1,03	4,00	2,97	0,59	0,47	1,620
		0,90	133,36	0,9	5,1	4,89	1,03	3,50	2,47	0,55	0,49	
		1,40	133,36	1,2	6,9	4,89	1,03	2,80	1,77	0,47	0,65	

Проверяем условие по формуле

$$K_{без} = \frac{P_{без}}{P_{расч}} \geq 1; \quad (5.1.15)$$

где  $P_{без}$  – то же, что и в формуле (5.1.2);

$P_{расч}$  – то же, что и в формуле (5.1.14).

$$K_{без} = \frac{201,60}{133,36} = 1,53 \geq 1 - \text{условие выполняется}.$$

## 5.2 Определение продолжительности осадки насыпи на болоте

Продолжительность осадки на болоте начинают с определения коэффициента сжимаемости каждого слоя торфа для ранее вычисленного давления  $P_{рас}$ . Расчет ведется по самому опасному поперечному сечению по формуле

$$a_i = \frac{\varepsilon_{0i} - \varepsilon_{pi}}{P_{\text{рас}}}; \quad (5.2.1)$$

где  $a_i$  – коэффициент сжимаемости  $i$ -го слоя торфа;

$\varepsilon_{0i}$  – то же, что и в формуле (5.1.11);

$\varepsilon_{pi}$  – то же, что и в формуле (5.1.11).

$$a_1 = \frac{4 - 1,38}{133,36} = 0,020;$$

$$a_2 = \frac{3,5 - 1,38}{133,36} = 0,016;$$

$$a_3 = \frac{2,8 - 1,38}{133,36} = 0,011.$$

Определяем средний коэффициент сжимаемости по формуле

$$a_{\text{ср}} = \frac{1 + \varepsilon_{0\text{ср}}}{H} \cdot \left( \frac{a_1 \cdot H_1}{1 + \varepsilon_{01}} + \frac{a_2 \cdot H_2}{1 + \varepsilon_{02}} + \frac{a_3 \cdot H_3}{1 + \varepsilon_{03}} \right); \quad (5.2.2)$$

где  $a_{\text{ср}}$  – средний коэффициент сжимаемости;

$\varepsilon_{0\text{ср}}$  – средний коэффициент пористости торфяного грунта в естественном состоянии определяется по формуле (5.2.3);

$H_i$  – толщина  $i$ -го слоя, см;

$a_i$  – то же, что и в формуле (5.2.1);

$\varepsilon_{0i}$  – то же, что и в формуле (5.1.11).

$$\varepsilon_{0\text{ср}} = \frac{H_1 + H_2 + H_3}{\frac{H_1}{1 + \varepsilon_{01}} + \frac{H_2}{1 + \varepsilon_{02}} + \frac{H_3}{1 + \varepsilon_{03}}}; \quad (5.2.3)$$

где  $H_i$  – то же, что и в формуле (5.2.2);

$\varepsilon_{0i}$  – то же, что и в формуле (5.1.11).

$$a_{\text{ср}} = \frac{1 + 4,31}{5,4} \cdot \left( \frac{0,020 \cdot 1,7}{1 + 4} + \frac{0,016 \cdot 2,2}{1 + 3,5} + \frac{0,011 \cdot 2,4}{1 + 2,8} \right) = 0,017;$$

$$\varepsilon_{0\text{ср}} = \frac{1,7 + 2,2 + 2,4}{\frac{1,7}{1 + 4} + \frac{2,2}{1 + 3,5} + \frac{2,4}{1 + 2,8}} = 4,31.$$

Вычисляем средний коэффициент вертикальной фильтрации для всех слоев торфа по формуле

$$K_{в\text{ ср}} = \frac{H_1 + H_2 + H_3}{\frac{H_1}{K_{\phi 1}} + \frac{H_2}{K_{\phi 2}} + \frac{H_3}{K_{\phi 3}}}; \quad (5.2.4)$$

где  $H_i$  – то же, что и в формуле (5.2.2);

$K_{\phi i}$  – коэффициент вертикальной фильтрации каждого слоя торфа.

$$K_{в\text{ ср}} = \frac{1,7 + 2,2 + 2,4}{\frac{1,7}{0,068} + \frac{2,2}{0,063} + \frac{2,4}{0,018}} = 0,032.$$

Определяем коэффициент вертикальной консолидации по формуле

$$C_v = \frac{K_{в\text{ ср}} \cdot (1 + \varepsilon_{0\text{ ср}}) \cdot 8,64}{a_{\text{ср}} \cdot \gamma_v}, \quad (5.2.5)$$

где  $K_{в\text{ ср}}$  – средний коэффициент вертикальной фильтрации;

$\varepsilon_{0\text{ ср}}$  – средний коэффициент первоначальной (естественной) пористости;

$\gamma_v$  – объемный вес воды, равна 1,0 кг/см<sup>3</sup>;

$a_{\text{ср}}$  – средний коэффициент сжимаемости.

$$C_v = \frac{0,032(1 + 4,31) \cdot 8,64}{0,017 \cdot 1000} = 0,083 \text{ м}^2/\text{сут},$$

Время, необходимое для достижения 90-процентной консолидации определяется по формуле

$$t_{90} = 0,85 \cdot \frac{H^2}{C_v}, \quad (5.2.6)$$

где  $H$  – толщина торфяной залежи;

$C_v$  – то же, что и в формуле (5.2.5).

$$t_{90} = 0,85 \cdot \frac{5,3^2}{0,083} = 287 \text{ сут}.$$

Вывод: 90-процентная консолидация произойдет через 287 дня (9,5 мес), т.к. требуемый срок консолидации равен 3 месяца (90 дней), необходимо для завершения консолидации в срок, предусмотреть варианты земляного полотна с ускоренной осадкой.



### 5.3 Проектирование земляного полотна

В практике дорожного строительства наибольшее применение нашли следующие конструкции земляного полотна:

- 1) Свайная эстакада;
- 2) Выторфовывание механическим или взрывным способом;
- 3) Частичное выторфовывание исходя из соотношения толщины насыпного слоя к толщине оставшегося слоя 2:1;
- 4) Земляное полотно с дренажными прорезями;
- 5) Земляное полотно с вертикальными дренами;
- 6) Насыпь с временной дополнительной пригрузкой;
- 7) «Плавающая насыпь».

В целях обеспечения выбора наиболее целесообразной конструкции земляного полотна, по данным изысканий на стадии проектного задания намечаются возможные варианты земляного полотна для заданной категории дороги по таблице 8 курса лекций [16], таблица 22.

Таблица 22 - Конструкции земляного полотна в зависимости от типа и глубины болота

Тип болота	Глубина торфа, м	Рекомендуемая конструкция земляного полотна в зависимости от категории дороги		
		I	II и III	IV и V
	до 2	Полное выторфовывание	Полное выторфовывание	
I	2-4	Полное выторфовывание	Полное выторфовывание или дренажные прорези для плотных торфов	Массивная насыпь, отсыпанная на поверхность торфяной залежи
	более 4	Вертикальные дренаи	Вертикальные дренаи	
II	до 2	Полное выторфовывание	Полное выторфовывание	
	2-6	Посадка насыпи на минеральное дно болота путем выдавливания торфа, с предварительным разрыхлением взрывным или механическим способом	Посадка насыпи на мин. дно болота, вертикальные дренаи (для плотных торфов)	Облегченная плавающая насыпь из шлака и др. легких материалов или грунтовая насыпь хворостяной (фашинной) выстилкой в основании
III	до 6	Посадка насыпи на минеральное дно болота путем выдавливания торфа	Посадка насыпи на минеральное дно болота путем выдавливания торфа	Принимается в каждом конкретном случае на основе технико-экономических расчетов
	Более 6	Свайная эстакада	Принимается в каждом конкретном случае на основе технико-экономических расче-	

Тип болота	Глубина торфа, м	Рекомендуемая конструкция земляного полотна в зависимости от категории дороги		
		I	II и III	IV и V
			тов	

Вывод: для III категории автомобильных дорог при глубине болота более 4 м глубиной подходит конструкция земляного полотна с вертикальными дренами.

Вертикальное дренирование основания земляного полотна проводится с целью ускорения консолидации грунтов основания, повышения их устойчивости и снижения упругих осадок.

Ускорение консолидации основания вертикальными дренами происходит за счет значительного сокращения пути фильтрации воды, отжимаемой из грунтовой массы при уплотнении весом насыпи. Вертикальные дренаи позволяют ускорить осадку по сравнению с плавающей насыпью в десятки раз.

Вертикальные дренаи быстро снимают напор, возникающий в порах водонасыщенного грунта после приложения внешней нагрузки. Поэтому сопротивление сдвигу основания с дренами возрастает значительно быстрее, чем без дренирования.

Вертикальные дренаи изменяют общую упругость массы болотного грунта, поэтому упругие просадки на поверхности земляного полотна с вертикальными дренами примерно в 3 раза ниже, чем без дренаи. Так же плюсом вертикального дренирования является не большая себестоимость по сравнению с полным выторфовыванием.

Конструкция земельного полотна существующей дороги на участке с болотом - «плавающая насыпь». Так как мы повышаем категорию дороги, то применяем конструкцию с вертикальными дренами и пробурируем их через существующую насыпь.

Определение осадки насыпи и времени консолидации на торфяном основании с вертикальными дренами производится в следующем порядке:

- 1) Ориентировочно назначают основные параметры земляного полотна: высоту насыпи, толщину дренирующего слоя, диаметр дренаи, расстояние между дренами, порядок размещения дренаи в плане;
- 2) Задают расчетный срок стабилизации осадки насыпи исходя из общего графика строительства;
- 3) Уточняют расчетом расстояние между дренами;
- 4) Определяют величину осадки насыпи;
- 5) Определяют площадь сечения просевшей части и ее объем;
- 6) Подбирают материал для заполнения дренаи.

Высота насыпи 1,95м; диаметр дренаи 0,5м; расстояние между дренами 3 м.

Отношение расстояния между дренами к их диаметру определяется по формуле

$$n_d = \frac{l}{d}, \quad (5.3.1)$$

где  $l$  – расстояние между дренами;  
 $d$  – диаметр дрен.

$$n_d = \frac{3,0}{0,4} = 7,5.$$

Фактор времени определяется по формуле

$$T_{вр} = \frac{C_{ср} \cdot t}{l^2}, \quad (5.3.2)$$

где  $C_{ср}$  – то же, что и в формуле (5.2.5);  
 $l$  – то же, что и в формуле (5.3.1);  
 $t$  – требуемый срок консолидации.

$$T_{вр} = \frac{0,083 \cdot 90}{3^2} = 0,83.$$

При заданном значении  $T_{вр}$  для  $n_d = 7,5$  величина консолидации  $U_T = 92\%$  в соответствии с графиком (рисунок 4).

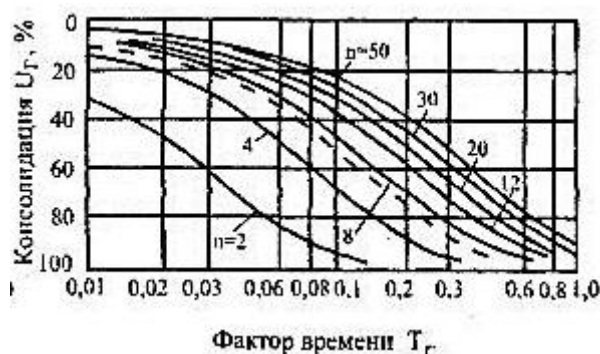


Рисунок 4 – График для определения степени консолидации

Далее по графику на рисунке 5 определяем степень консолидации, которая будет достигнута, за время  $t=90$  дней только при вертикальной фильтрации. Фактор времени определяем по формуле

$$T_{вр} = \frac{C_{ср} \cdot t}{H^2}, \quad (5.3.3)$$

где  $C_{ср}$  – то же, что и в формуле (5.2.5);  
 $H$  – то же, что и в формуле (5.2.6).

$$T_{вр} = \frac{0,083 \cdot 90}{6,3^2} = 0,18.$$



Рисунок 5 – График для определения степени консолидации за требуемое время  $t=90$

Это соответствует степени консолидации  $U_v=47\%$  согласно графику представленному на рисунке 2 .

Общая степень консолидации определяется по формуле

$$U_{общ} = 100 - 0,01 \cdot (100 - U_v) \cdot (100 - U_\Gamma), \quad (5.3.4)$$

где  $U_v$  – степень консолидации, определяемая по графику на рисунке 4;

$U_\Gamma$  – степень консолидации, определяемая по графику на рисунке 5.

$$U_{общ} = 100 - 0,01 \cdot (100 - 47) \cdot (100 - 92) = 94,5\%.$$

Следовательно, при расстоянии между дренами  $L=3,0$ м за заданный срок (90 дней) будет достигнута требуемая консолидация основания 90%.

Определяем величину осадки насыпи по формуле

$$S_i = H_i \left( \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_p}{\varepsilon_0 + 1} - \frac{d^2}{l^2} \right), \quad (5.3.5)$$

где  $H_i$  – то же, что и в формуле (5.2.2);

$\varepsilon_0$  – то же, что и в формуле (5.1.11);

$\varepsilon_p$  – то же, что и в формуле (5.1.11);

$l$  – то же, что и в формуле (5.3.1);

$d$  – то же, что и в формуле (5.3.1).

$$S_1 = 1,6 \left( \frac{4 - 1,38}{4 + 1} - \frac{0,4^2}{3^2} \right) = 0,86 \text{ м};$$

$$S_2 = 1,2 \left( \frac{6,5 - 1,38}{3,5 + 1} - \frac{0,4^2}{3^2} \right) = 0,99 \text{ м};$$

$$S_3 = 2,6 \left( \frac{5,1 - 1,38}{2,8 + 1} - \frac{0,4^2}{3^2} \right) = 0,85 \text{ м}.$$

Суммарная осадка торфяной залежи в осевом сечении земляного полотна определяется по формуле

$$S = S_1 + S_2 + S_3, \quad (5.3.6)$$

где  $S_i$  – то же, что и в формуле (5.3.5).

$$S = 0,86 + 0,99 + 0,85 = 2,71 \text{ м}$$

Площадь поперечного сечения просевшей части насыпи с круглыми дренами по формуле

$$F_{\text{осн}} = 0,85 \cdot B \cdot S, \quad (5.3.7)$$

где  $B$  – ширина насыпи по подошве, определяется по формуле (5.4.8);

$S$  – то же, что и в формуле (5.3.6);

$$B = B_{\text{пч}} + 2mH, \quad (5.3.8)$$

где  $B_{\text{пч}}$  – ширина проезжей части;

$m$  – заложение откоса;

$H$  – высота насыпи.

$$V = F_{\text{осн}} \cdot L, \quad (5.3.9)$$

где  $F_{\text{осн}}$  – то же, что и в формуле (5.3.7);

$L$  – длина заболоченного участка.

$$F_{\text{осн}} = 0,85 \cdot 2,71 \cdot 21,21 = 48,96 \text{ м}^2;$$

$$B = 12 + 2 \cdot 1,5 \cdot 3,07 = 21,21 \text{ м};$$

$$V = 48,96 \cdot 100 = 4896 \text{ м}^3.$$

Подбираем материал для заполнения дрен. Для заполнения дрен требуется материал с водопроницаемостью, определяемой по формуле

$$K_{\text{тр}} = 0,1 \cdot S \cdot \frac{l^2}{d^2}, \quad (5.3.10)$$

где  $S$  – то же, что и в формуле (5.3.7);

$l$  – то же, что и в формуле (5.3.1);

$d$  – то же, что и в формуле (5.3.1).

$$K_{\text{тр}} = 0,1 \cdot 2,71 \cdot \frac{3^2}{0,4^2} = 15,41 \text{ м/сут.}$$

Из условия предупреждения заиливания независимо от результата расчета рекомендуется допускать применение в дренах песков с  $K_{\text{тр}} < 3 \text{ м/сут.}$

Вывод: участок дороги на болоте проектируем с устройством вертикальных дрен диаметров 0,4 м и расстоянием между ними 3 м. Технология строительства земляного полотна на болоте с устройством вертикальных дрен представлена в графической части на листах №6, 7.

## 6 Соображения по организации реконструкции

Принимаем все основные показатели по организации реконструкции в соответствии с типовыми технологическими картами на устройство земляного полотна и дорожной одежды [17]. Все виды работ выполняются специальными машинно – дорожными отрядами. Для каждого вида работ в операционных технических картах принята соответствующая ведущая машина:

МДО №1 – подготовительные работы;

МДО №2 – удлинение и укорачивание водопропускных труб, ведущая машина – подъемный кран;

МДО №3 – возведение земляного полотна, ведущая машина – экскаватор;

МДО №4 – устройство песчаного слоя основания дорожной одежды, ведущая машина – распределитель;

МДО №5 – устройство щебеночного слоя основания дорожной одежды, ведущая машина – распределитель;

МДО №6 – устройство двухслойного покрытия дорожной одежды из асфальтобетонной смеси, ведущая машина – асфальтоукладчик;

МДО №7 – обустройство дороги.

Срок реконструкции принят в 1 год. При обосновании срока строительства учитываем климатические показатели района строительства.

Данные рекомендации приведены в графической части на листе №8

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данной выпускной квалификационной работе был рассмотрен проект реконструкции участка автомобильной дороги «Борцова – Кудельный Ключ» в Омской области. Для этого был произведен анализ существующей дороги, по результатам которого была выявлена полная непригодность существующей конструкции для дальнейшего эксплуатации.

В настоящей работе были усовершенствованы транспортно-эксплуатационные показатели посредством реконструкции участка автомобильной дороги. В частности, повышены геометрические элементы, изменена проектная линия, так же на участке с болотом полностью изменена конструкция земляного полотна, улучшены прочностные и другие характеристики дорожной одежды, так же произведено полное обустройство дороги.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СП 34.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\* Автомобильные дороги: Минрегион России М.: Москва 2012. – 52с.
- 2 СП 131.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* Строительная климатология: Минрегион России М.: Москва 2012.108с.
- 3 ГОСТ Р 52399-2005. Геометрические элементы автомобильных дорог. – Москва: Стандартинформ, 2006. – 8 с.
- 4 Жуков В. И. Комплексная оценка безопасности движения и экологической обстановки при проектировании дорог: учебное пособие/КрасГАСА. – Красноярск, 2002. – 56 с.
- 5 Проектирование автомобильных дорог: справочник инженера – дорожника/ под ред. Г. А. Федотова – Москва: Транспорт, 1989. – 437 с.
- 6 ОДН 218.046-01 Отраслевые дорожные нормы проектирования нежестких дорожных одежд. – ФГУП «СОЮЗДОРНИИ», МАДИ (ТУ), ГП «РОСДОРНИИ», 2001.01-01. – 93 с.
- 7 ГОСТ 9128-2013 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – Введ. с 01.01.2011– М.: Изд-во стандартов, 2010.
- 8 ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия. – Введ. с 01.04.2015 – Москва: Стандартинформ, 2014.
- 9 ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. – Введ. с 01.01.95 – Москва: Стандартинформ, 2009.
- 10 О нормах отвода земель для размещения автомобильных дорог и (или) объектов дорожного сервиса [Электронный ресурс]: постановление правительства РФ от 2 сентября 2009г. № 717. Доступ из справ.- правовой сист. «КонсультантПлюс».
- 11 ГОСТ Р 50970-2011 Технические средства организации дорожного движения. Столбики сигнальные дорожные. Общие технические требования. Правила применения. – Введ. с 31.08.2011 –Москва: Стандартинформ, 2011. – 16 с.
- 12 ГОСТ Р 52289-2004 Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. – Введ. с 15.12.2004 – Москва: Стандартинформ, 2005.
- 13 ГОСТ 52607-2006 Технические средства организации дорожного движения. Ограждения дорожные удерживающие боковые для автомобилей. Общие технические требования. – Введ. с 01.01.2008. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 12 с.
- 14 ГОСТ 51256 – 2011 Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования. – Введ. с 01.09.2012. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 28 с.
- 15 ГОСТ Р 52748-2007 Нормативные нагрузки, расчетные схемы и габариты приближения. – Введ. 24.09.2007. – Москва: Стандартинформ, 2008.



16 Жуков В.И. Проектирование автомобильных дорог в сложных условиях: Конспект лекций – Красноярск: ИАС, 2007. – 95 с.

17 Типовые технологические карты на устройство земляного полотна и дорожной одежды: распоряжение Минтранса России от 23.05.2003 г. № ОС-468-р/ РОСАВТОДОР – Москва, 2004.

18 ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. – Введ. 01.05.2006. – Москва: Стандартиформ, 2006. – 3 с.

19 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности. СТО 4.2-07-2014/ Сиб. Федер. ун-т. – Красноярск, 2014. – 59 с.

20 Жуков В.И., Гавриленко Т.В. Проектирование автомобильных дорог. Основы : учебное пособие. – Красноярск: Сиб. Федер. Ун-тб 2014-144с.

21 ГОСТ Р 52766-2007 Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования - Москва: Стандартиформ, 2008.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Локальная смета № 3

на устройство дорожной одежды участка автомобильной дороги III категории протяжённостью 5 км

Сметная стоимость, тыс.руб. 12545,70

Нормативная трудоемкость, тыс.ч 20,89

Сметная ЗП, тыс.руб. 383,82

Составлена в ценах 2001 г. (руб.)

№ п/п	Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Количество	Стоимость единицы, руб.				Общая стоимость, руб.				Трудоёмкость строителей, ед, чел.-ч	Трудоемкость строителей, всего, ед.чел.-ч	Трудоемкость машинистов, ед, чел.-ч	Трудоемкость машинистов, всего, чел.-ч
					ПЗ	Зс	ЭММО	в т.ч. Зм	ПЗ	Зс	ЭММО	в т.ч. Зм				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	ТЕР27-06-020-01	Устройство верхнего слоя покрытия толщиной 4 см из горячих асфальтобетонных смесей плотных мелкозернистых типа АБВ, плотность каменных материалов 2,5-2,9 т/м <sup>3</sup>	1000 м <sup>2</sup>	40	48622,38	423,98	3005,99	289,06	1944895,20	16959,20	120239,60	11562,40	38,30	1532,00	19,66	786,24
2	ТЕР27-06-021-01	На каждые 0,5 см изменения толщины слоя добавлять или исключать к расценке 27-06-020-01	1000 м <sup>2</sup>	80	5251,99	1,00	5,74		420159,20	80,00	459,20		0,09	7,20		

3	ТЕР27-06-020-06	Устройство нижнего слоя покрытия толщиной 4 (7) см из горячих асфальтобетонных смесей пористых крупнозернистых типа АБВ, плотность каменных материалов 2,5-2,9 т/м <sup>3</sup>	1000 м <sup>2</sup>	40	43598,95	423,98	3006,47	289,22	1743958,00	16959,20	120258,80	11568,80	38,30	1532,00	19,67	786,68
4	ТЕР27-06-021-06	На каждые 0,5 см изменения толщины слоя добавлять или исключать к расценке 27-06-020-06	1000 м <sup>2</sup>	240	5035,00	1,00	5,42		1208400,00	240,00	1300,80		0,09	21,60		
5	ТЕР27-06-018-03	Устройство основания из черного щебня толщиной 6 (8) см с плотностью каменных материалов 2,5-2,9 т/м <sup>3</sup>	1000 м <sup>2</sup>	53,33333	43095,94	483,96	2982,95	252,60	2298450,13	25811,20	159090,67	13472,00	45,83	2444,27	17,18	916,10
6	ТЕР27-04-007-02	Устройство оснований толщиной 15 (18) см из щебня фракции 40-70 мм при укатке каменных материалов с пределом прочности на сжатие до 68,6 МПа (700 кгс/см <sup>2</sup> ) верхнего слоя двухслойных	1000 м <sup>2</sup>	60	34564,46	343,96	5167,42	543,07	2073867,60	20637,60	310045,20	32584,20	36,63	2197,80	36,93	2215,73
7	ТЕР27-04-007-04	На каждый 1 см изменения толщины слоя добавлять или исключать к расценке 27-04-007-02	1000 м <sup>2</sup>	180	1938,64		297,87	33,16	348955,20		53616,60	5968,80			2,25	405,88
8	ТЕР27-04-001-04	Устройство дополнительного слоя основания из ГС толщиной 12 (26) см	1000 м <sup>2</sup>	130	3036,76	243,50	2771,52	278,36	394778,80	31655,00	360297,60	36186,80	25,74	3346,20	18,93	2460,70

9	ТСЦ-408-9284	Гравий для стоительных работ фракции 70-120 мм	м <sup>3</sup>	17160	65,84				1129814,40							
		Итого							11563278,53	112342,20	1125308,47	111343,00		11081,07		7571,32
		Поправка к заработной плате							134211,12	67405,32		66805,80				
		Итого ПЗ+поправка							11697489,65	179747,52	1192114,27	178148,80				
	МДС81-33-2004 прил.4 п.21	Накладные расходы, 142 %							508212,77							
		Сметная ЗП рабочих, выполняющих работы, учитывающиеся НР								25918,85						
		Нормативная трудоёмкость рабочих, учитывающая НР														2236,14
		Себестоимость СМР							12205702,43							
	МДС81-25-2001 прил.3 п.21	Сметная прибыль, 95 %							340001,50							
		Сметная стоимость							12545703,93							
		Нормативная трудоёмкость по смете														20888,53
		ЗП по смете всего								383815,17						

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Локальная смета № 3

на устройство дорожной одежды участка автомобильной дороги III категории протяжённостью 5 км

Сметная стоимость, тыс.руб. 11731,21

Нормативная трудоемкость, тыс 18,91

Сметная ЗП, тыс.руб. 343,88

Составлена в ценах 2001 г. (руб.)

№ п/п	Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Количество	Стоимость единицы, руб.				Общая стоимость, руб.				Трудоём кость строител ей, ед, чел.-ч	Трудоемко сть строителей , всего, ед.чел.-ч	Трудое мкость машин истов, ед, чел. ч	Трудоемкость машинистов, всего, чел.-ч
					ПЗ	Зс	ЭММО	в т.ч. Зм	ПЗ	Зс	ЭММО	в т.ч. Зм				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	ТЕР27-06-020-01	Устройство верхнего слоя покрытия толщиной 4 см из горячих асфальтобетонных смесей плотных мелкозернистых типа АБВ, плотность каменных материалов 2,5-2,9 т/м <sup>3</sup>	1000 м <sup>2</sup>	40	48622,38	423,98	3005,99	289,06	1944895,20	16959,20	120239,60	11562,40	38,30	1532,00	19,66	786,24
2	ТЕР27-06-021-01	На каждые 0,5 см изменения толщины слоя добавлять или исключать к расценке 27-06-020-01	1000 м <sup>2</sup>	80	5251,99	1,00	5,74		420159,20	80,00	459,20		0,09	7,20		

3	ТЕР27-06-020-06	Устройство нижнего слоя покрытия толщиной 4 (7) см из горячих асфальтобетонных смесей пористых крупнозернистых типа АБВ, плотность каменных материалов 2,5-2,9 т/м <sup>3</sup>	1000 м <sup>2</sup>	40	43598,95	423,98	3006,47	289,22	1743958,00	16959,20	120258,80	11568,80	38,30	1532,00	19,67	786,68
4	ТЕР27-06-021-06	На каждые 0,5 см изменения толщины слоя добавлять или исключать к расценке 27-06-020-06	1000 м <sup>2</sup>	240	5035,00	1,00	5,42		1208400,00	240,00	1300,80		0,09	21,60		
5	ТЕР27-06-018-03	Устройство основания из черного щебня толщиной 6 (10) см с плотностью каменных материалов 2,5-2,9 т/м <sup>3</sup>	1000 м <sup>2</sup>	66,6667	43095,94	483,96	2982,95	252,60	2873062,67	32264,00	198863,33	16840,00	45,83	3055,33	17,18	1145,12
6	ТЕР27-04-001-04	Устройство дополнительного слоя основания из ГС толщиной 12 (36) см	1000 м <sup>2</sup>	180	3036,76	243,50	2771,52	278,36	546616,80	43830,00	498873,60	50104,80	25,74	4633,20	18,93	3407,13
7	ТСЦ-408-9284	Гравий для стоительных работ фракции 20-40 мм	м <sup>3</sup>	23760	88,97				2113927,20							
		Итого							10851019,07	110332,40	939995,33	90076,00		10781,33		6125,17
		Поправка к заработной плате							120245,04	66199,44		54045,60				
		Итого ПЗ+поправка							10971264,11	176531,84	994040,93	144121,60				
	МДС81-33-2004 прил.4 п.21	Накладные расходы, 142 %							455327,88							

		Сметная ЗП рабочих, выполняющих работы, учитывающиеся НР								23221,72						
		Нормативная трудоёмкость рабочих, учитывающая НР														2003,44
		Себестоимость СМР							11426591,99							
	МДС81-25-2001 прил.3 п.21	Сметная прибыль, 95 %							304620,77							
		Сметная стоимость							11731212,76							
		Нормативная трудоёмкость по смете														18909,94
		ЗП по смете всего								343875,16						

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Расчет объемов земляных работ

Ширина земляного полотна ,м	12
Ширина дна кювета в выемке,м	0,5
Глубина кювета в выемке, м	0,5
Заложение внутреннего откоса выемки	4
Уположение откоса высокой насыпи	0,25
Толщина дорожной одежды, м	0,62
Ширина дорожной одежды, м	7
Толщина растительного слоя, м	0,3
Коэффициент уплотнения грунта насыпи	0,98

(3 - для дорог IV,V кат., 4 - для дорог I-III кат.)

(0,25 - для насыпи с переменной крутизной откоса 0,25)

Вводимые данные					Параметры кювет		Площадь поперечного сечения, м <sup>2</sup>		Площадь среднего сечения, м <sup>2</sup>	Профильные объемы, м <sup>3</sup>		Поправки, м <sup>3</sup>		Объемы работ, м <sup>3</sup>	
ПК	L, м	h, м	m	Ширина закуветной полки выемки или бермы насыпи, м	ширина поверху, м	площадь, м <sup>2</sup>	насыпи	выемки		насыпь	выемка	на снятие растительного слоя	на устройст во дорожно й одежды	насыпь с учетом к-та уплотнени я	выемка
0	0	1,92	4	0	0,00	0,00	37,79	0,00	0	0	0	0	0	0	0
1	100	2,53	4	0	0,00	0,00	55,96	0,00	46,87	4663	0	582	-434	4909	0
2	100	2,69	4	0	0,00	0,00	61,22	0,00	58,59	5858	0	674	-434	6223	0
3	100	2,09	4	0	0,00	0,00	42,55	0,00	51,89	5165	0	622	-434	5462	0
4	100	2,54	4	0	0,00	0,00	56,29	0,00	49,42	4928	0	604	-434	5202	0
5	100	2,39	4	0	0,00	0,00	51,53	0,00	53,91	5389	0	640	-434	5709	0
6	100	2,57	4	0	0,00	0,00	57,26	0,00	54,39	5437	0	643	-434	5762	0
7	100	2,51	4	0	0,00	0,00	55,32	0,00	56,29	5629	0	658	-434	5972	0
8	100	2,4	4	0	0,00	0,00	51,84	0,00	53,58	5357	0	637	-434	5674	0



9	100	2,68	4	0	0,00	0,00	60,89	0,00	56,36	5631	0	658	-434	5974	0
10	100	2,79	4	0	0,00	0,00	64,62	0,00	62,75	6274	0	704	-434	6678	0
11	100	2,55	4	0	0,00	0,00	56,61	0,00	60,61	6057	0	689	-434	6441	0
12	100	3,2	1,5	0	0,00	0,00	53,76	0,00	55,19	5508	0	284	-434	5468	0
13	100	2,38	4	0	0,00	0,00	51,22	0,00	52,49	5204	0	718	-434	5600	0
14	100	2,57	4	0	0,00	0,00	57,26	0,00	54,24	5421	0	642	-434	5744	0
15	100	3,07	1,5	0	0,00	0,00	50,98	0,00	54,12	5406	0	279	-434	5358	0
16	100	3,52	1,5	0	0,00	0,00	60,83	0,00	55,90	5585	0	322	-434	5585	0
17	100	4,23	1,5	0	0,00	0,00	77,60	0,00	69,21	6909	0	374	-434	6989	0
18	100	4,89	1,5	0	0,00	0,00	94,55	0,00	86,07	8596	0	436	-434	8774	0
19	100	5,76	1,5	0	0,00	0,00	118,89	0,00	106,72	10653	0	505	-434	10942	0
20	100	4,44	1,5	0	0,00	0,00	82,85	0,00	100,87	10043	0	485	-434	10300	0
21	100	4,23	1,5	0	0,00	0,00	77,60	0,00	80,22	8021	0	416	-434	8166	0
22	100	3,01	1,5	0	0,00	0,00	49,71	0,00	63,65	6328	0	351	-434	6373	0
23	100	3,33	1,5	0	0,00	0,00	56,59	0,00	53,15	5313	0	311	-434	5295	0
24	100	3,44	1,5	0	0,00	0,00	59,03	0,00	57,81	5781	0	330	-434	5793	0
25	100	2,64	4	0	0,00	0,00	59,56	0,00	59,29	5887	0	778	-434	6358	0
26	100	2,32	4	0	0,00	0,00	49,37	0,00	54,46	5440	0	643	-434	5764	0
27	100	2,01	4	0	0,00	0,00	40,28	0,00	44,83	4476	0	568	-434	4704	0
28	100	2,01	4	0	0,00	0,00	40,28	0,00	40,28	4028	0	530	-434	4209	0
29	100	2,01	4	0	0,00	0,00	40,28	0,00	40,28	4028	0	530	-434	4209	0
30	100	2,69	4	0	0,00	0,00	61,22	0,00	50,75	5044	0	612	-434	5329	0
31	100	2,78	4	0	0,00	0,00	64,27	0,00	62,75	6274	0	704	-434	6678	0
32	100	1,29	4	0	0,00	0,00	22,14	0,00	43,21	4172	0	536	-434	4362	0
33	100	0,99	4	0	0,00	0,00	15,80	0,00	18,97	1891	0	322	-434	1815	0
34	100	2,2	4	0	0,00	0,00	45,76	0,00	30,78	2980	0	431	-434	3038	0
35	100	3,68	1,5	0	0,00	0,00	64,47	0,00	55,12	5457	0	290	-434	5421	0
36	100	3,3	1,5	0	0,00	0,00	55,94	0,00	60,20	6017	0	340	-434	6043	0
37	100	1,65	4	0	0,00	0,00	30,69	0,00	43,31	4150	0	642	-434	4447	0
38	100	2,12	4	0	0,00	0,00	43,42	0,00	37,05	3691	0	500	-434	3834	0
39	100	2,61	4	0	0,00	0,00	58,57	0,00	50,99	5083	0	616	-434	5372	0
40	100	2,72	4	0	0,00	0,00	62,23	0,00	60,40	6039	0	688	-434	6421	0
41	100	2,52	4	0	0,00	0,00	55,64	0,00	58,94	5891	0	677	-434	6259	0
42	100	2,67	4	0	0,00	0,00	60,56	0,00	58,10	5808	0	671	-434	6169	0
43	68	2,19	4	0	0,00	0,00	45,46	0,00	53,01	3594	0	433	-295	3808	0
44	68	1,9	4	0	0,00	0,00	37,24	0,00	18,62	1262	0	321	-295	1314	0

45	100	1,59	4	0	0,00	0,00	29,19	0,00	33,22	3315	0	467	-434	3416	0
46	100	1,08	4	0	0,00	0,00	17,63	0,00	23,41	2324	0	368	-434	2304	0
47	100	1,11	4	0	0,00	0,00	18,25	0,00	17,94	1794	0	311	-434	1705	0
48	100	0,99	4	0	0,00	0,00	15,80	0,00	17,02	1701	0	300	-434	1599	0
49	100	1,52	4	0	0,00	0,00	27,48	0,00	21,64	2145	0	349	-434	2103	0
50	100	3,01	1,5	0	0,00	0,00	49,71	0,00	38,60	3804	0	229	-434	3673	0

**Итого**

**255454**

**0**

**264746**

**0**

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Расчет конструкции покрытия дорожной одежды

Проектные данные:

- категория дороги – III
- заданная надежность  $K_n = 0,95$ ;
- расчетный срок службы  $T_{сл.} = 20$ ;
- ширина проезжей части, м – 7;
- давление в шине  $p$ , МПа – 0,60
- диаметр отпечатка шины  $D$  (динамическая нагрузка), см – 39,00;
- статическая нагрузка на ось  $Q$ , кН – 100,00;
- суммарное число приложений нагрузки – 184066.

Вариант № 1.

Конструктивный слой №1: 5,0 см. Асфальтобетон горячей укладки плотный I марки, из щебёночной (гравийной) смеси типа Б, марка битума БНД/БН-60/90.

Конструктивный слой №2: 7,0 см. Асфальтобетон горячей укладки высокопористый II марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-60/90.

Конструктивный слой №3: 8,0 см. Щебень чёрный для оснований уложенный по способу заклинки.

Конструктивный слой №4: 18,0 см. Смеси щебёночные с непрерывной гранулометрией С5 - 40 мм (для оснований).

Конструктивный слой №5: 26,0 см. Смеси гравийные с непрерывной гранулометрией С3 - 120 мм (для оснований).

Грунт земляного полотна – супесь лёгкая.

Результаты расчета на упругий прогиб:

- поверхностный модуль упругости  $E_{пов.} = 269,8$  МПа
- требуемый модуль упругости  $E_{тр} = 168,2$  МПа
- расчётный коэффициент прочности  $K_{рас} = 1,600$
- требуемый коэффициент прочности  $K_{тр} = 1,156$
- запас прочности  $(K_{рас} - K_{тр}) / K_{тр} * 100\% = 38\%$ .

Результаты расчёта на сдвигоустойчивость:

а) параметры материала:

- супесь лёгкая
- угол внутреннего трения  $\varphi = 13,8^\circ$
- сцепление  $c_n = 0,004$  МПа
- стат. угол внутреннего трения  $\varphi_{ст} = 34,9^\circ$
- коэффициент  $K_d = 1,0$ .

б) параметры модели:

- средневзвешенный модуль упругости монолитных слоев  $E_b = 423,44$  МПа;

- модуль упругости на поверхности расчётного слоя  $E_n = 44,76$  МПа;
- средневзвешенный удельный вес верхних слоёв  $\gamma = 0,0018$  МПа;
- глубина расположения расчётного слоя  $Z_{on} = 64,0$  см;
- удельное активное напряжение сдвига  $\tau = 0,01921$  МПа;
- расчётное активное напряжение сдвига  $T = 0,012$  МПа;
- предельное активное напряжение сдвига  $T_{пр} = 0,012$  МПа;
- расчетный коэффициент прочности  $K_{расч.} = 1,060$ ;
- требуемый коэффициент прочности  $K_{тр.} = 0,988$ ;
- запас прочности 7%.

Результаты расчета на сопротивление при изгибе:

а) параметры материала:

- асфальтобетон горячей укладки высокопористый II марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-60/90;
- нормативное сопротивление весной  $R_0 = 5,65$  МПа;
- усталостный показатель степени  $m = 4,0$ ;
- коэффициент различия  $\alpha = 7,6$ ;
- коэффициент снижения прочности  $k_2 = 0,8$ .

б) параметры модели:

- средневзвешенный модуль упругости монолитных слоев  $E_v = 3100,00$  МПа;
- поверхностный модуль упругости нижнего слоя в пакете монолитных слоев  $E_{об} = 167,04$  МПа;
- глубина расположения расчетного слоя  $Z_{on} = 12,0$  см;
- коэффициент  $K_v = 0,85$ ;
- коэффициент усталостного разрушения  $k_1 = 0,37$ ;
- наибольшее растягивающее напряжение  $\sigma_r = 1,263$  МПа;
- прочность материала при изгибе  $R_n = 1,396$  МПа;
- расчетный коэффициент прочности  $K_{расч.} = 1,105$ ;
- требуемый коэффициент прочности  $K_{тр.} = 0,988$ ;
- запас прочности 12%.

Результаты расчёта на морозоустойчивость

- глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды)  $H_y \approx 1,19$  м
- коэффициент учёта уровня грунтовых вод  $K_{угв.} = 0,62$
- пучинистость грунта - Группа 3 (пучинистый)
- коэффициент учёта нагрузки от вышележащих слоёв  $K_{нагр.} = 0,89$
- коэффициент, зависящий от расчётной влажности грунта  $K_{вл.} = 1,16$
- коэффициент, зависящий от уплотнения слоя  $K_{пл.} = 0,60$
- коэффициент учёта гранулометрии основания  $K_{гр.} = 1,10$
- величина морозного пучения при усреднённых условиях  $K_{пуч.ср.} = 5,63$  см
- ожидаемая пучинистость грунта  $2,38$  см  $< 80\%$  от допустимой  $6,00$  см
- морозозащитный или теплоизолирующий слой не задан: конструкция является морозоустойчивой.

Вывод: конструкция удовлетворяет требованиям.

Вариант № 2.

Конструктивный слой №1: 5,0 см. Асфальтобетон горячей укладки плотный II марки из щебёночной (гравийной) смеси типа Б, марка битума БНД/БН-60/90.

Конструктивный слой №2: 7,0 см. Асфальтобетон горячей укладки высокопористый II марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-60/90.

Конструктивный слой №3: 10,0 см. Щебень чёрный для оснований уложенный по способу заклинки.

Конструктивный слой №4: 40,0 см. Смеси гравийные с непрерывной гранулометрией С4 - 80 мм (для оснований).

Грунт земляного полотна – супесь лёгкая.

Результаты расчета на упругий прогиб:

- поверхностный модуль упругости  $E_{\text{пов}} = 256,0$  МПа
- требуемый модуль упругости  $K_{\text{тр}} = 168,2$  МПа
- расчётный коэффициент прочности  $K_{\text{рас}} = 1,520$
- требуемый коэффициент прочности  $K_{\text{тр}} = 1,156$
- запас прочности  $(K_{\text{рас}} - K_{\text{тр}}) / K_{\text{тр}} * 100\% = 31\%$ .

Результаты расчёта на сдвигоустойчивость:

а) параметры материала:

- супесь лёгкая
- угол внутреннего трения  $\varphi = 13,8^\circ$
- сцепление  $c_n = 0,004$  МПа
- стат. угол внутреннего трения  $\varphi_{\text{ст}} = 34,9^\circ$
- коэффициент  $K_d = 1,0$ .

б) параметры модели:

- средневзвешенный модуль упругости монолитных слоев  $E_v = 428,71$  МПа;

- модуль упругости на поверхности расчётного слоя  $E_n = 44,76$  МПа;
- средневзвешенный удельный вес верхних слоёв  $\gamma = 0,0019$  МПа;
- глубина расположения расчётного слоя  $Z_{\text{оп}} = 62,0$  см;
- удельное активное напряжение сдвига  $\tau = 0,02007$  МПа;
- расчётное активное напряжение сдвига  $T = 0,012$  МПа;
- предельное активное напряжение сдвига  $T_{\text{пр}} = 0,012$  МПа;
- расчетный коэффициент прочности  $K_{\text{расч.}} = 1,020$ ;
- требуемый коэффициент прочности  $K_{\text{тр.}} = 0,988$ ;
- запас прочности 3%.

Результаты расчета на сопротивление при изгибе:

а) параметры материала:

- асфальтобетон горячей укладки высокопористый II марки из крупнозернистой щебёночной (гравийной) смеси марка битума БНД-60/90;
- нормативное сопротивление весной  $R_0 = 5,65$  МПа;
- усталостный показатель степени  $m = 4,0$ ;
- коэффициент различия  $\alpha = 7,6$ ;

- коэффициент снижения прочности  $k_2 = 0,8$ .

б) параметры модели:

- средневзвешенный модуль упругости монолитных слоев  $E_b = 3100,00$  МПа;
- поверхностный модуль упругости нижнего слоя в пакете монолитных слоев  $E_{об} = 156$  МПа;
- глубина расположения расчетного слоя  $Z_{оп} = 12,0$  см;
- коэффициент  $K_b = 0,85$ ;
- коэффициент усталостного разрушения  $k_1 = 0,37$ ;
- наибольшее растягивающее напряжение  $\sigma_r = 1,313$  МПа;
- прочность материала при изгибе  $R_n = 1,396$  МПа;
- расчетный коэффициент прочности  $K_{расч.} = 1,063$ ;
- требуемый коэффициент прочности  $K_{тр.} = 0,988$ ;
- запас прочности 8%.

Результаты расчёта на морозоустойчивость

- глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды)  $H_y \approx 1,21$  м
- коэффициент учёта уровня грунтовых вод  $K_{угв.} = 0,62$
- пучинистость грунта - Группа 3 (пучинистый)
- коэффициент учёта нагрузки от вышележащих слоёв  $K_{нагр.} = 0,89$
- коэффициент, зависящий от расчётной влажности грунта  $K_{вл.} = 1,16$
- коэффициент, зависящий от уплотнения слоя  $K_{пл.} = 0,60$
- коэффициент учёта гранулометрии основания  $K_{гр.} = 1,10$
- величина морозного пучения при усреднённых условиях  $K_{пуч.ср.} = 5,78$

см

- ожидаемая пучинистость грунта  $2,43$  см  $< 80\%$  от допустимой  $6,00$  см
- морозозащитный или теплоизолирующий слой не задан: конструкция является морозоустойчивой.

Вывод: конструкция удовлетворяет требованиям.